

L'ENTRAÎNEMENT DU CHEVAL DE SPORT :
ÉTUDE CARDIO-VASCULAIRE ET
HÉMATOLOGIQUE

THÈSE

présentée

à l'UNIVERSITÉ CLAUDE BERNARD de LYON
(Médecine - Pharmacie)

et soutenue publiquement le 14 Juin 1972
pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire

par

Charles-Albert HAMM

né le 6 Septembre 1942

à VICHY (Allier)



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41552607_0027

L'ENTRAÎNEMENT DU CHEVAL DE SPORT :
ÉTUDE CARDIO-VASCULAIRE ET
HÉMATOLOGIQUE

THÈSE

présentée

à l'UNIVERSITÉ CLAUDE BERNARD de LYON
(Médecine - Pharmacie)

et soutenue publiquement le 14 Juin 1972
pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire

par

Charles-Albert HAMM

né le 6 Septembre 1942

à VICHY (Allier)

PERSONNEL ENSEIGNANT DE
L'ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE LYON

Directeur Monsieur le Professeur J. FROGET
Directeurs honoraires MM. les Professeurs JUNG, TAPERNOUX,
FLORIO

P R O F E S S E U R S

15 Chaires

1°)	Pharmacie et Toxicologie	M. LORGUE
2°)	Anatomie descriptive, extérieur, Anatomie appliquée	M. BARONE
3°)	Physiologie, Thérapeutique, Pharmacodynamie	M. BOST
4°)	Histologie, Embryologie, Anatomie pathologique	M. LUCAM
5°)	Hygiène et Industrie des Aliments d'origine animale	M. FLACHAT
6°)	Zoologie appliquée, Parasitologie externe Parasitologie interne	M. EUZEBY
7°)	Pathologie médicale des équidés et des carnivores	M. FONTAINE
8°)	Pathologie médicale du bétail et des animaux de basse-cour	M. COTTEREAU
9°)	Technique chirurgicale, Pathologie chirurgicale	M. COULON
10°)	Obstétrique, Pathologie de la Reproduction .	M. BERTRAND
11°)	Pathologie générale, Microbiologie, Immunologie	M. OUDAR
12°)	Ethnologie, Zootechnie, Economie rurale . .	M. FROGET
13°)	Botanique appliquée, Agronomie, Alimentation	M. WOLTER
14°)	Physique et Chimie biologiques et médicales	M. MAGAT
15°)	Maladies contagieuses, Zoonoses, Législation sanitaire	M. JOUBERT

P R O F E S S E U R S S A N S C H A I R E

MM. BUSSIERAS, FERNEY (Détachés à l'Institut de Médecine et des
Sciences Vétérinaires de DAKAR)
MM. JEAN-BLAIN Claude, CHANTEGRELET, LAPRAS

M A I T R E S A S S I S T A N T S A G R E G E S

MM. DELATOUR, DESCHANEL, LE NIHOUANNEN.

M A I T R E S A S S I S T A N T S

MM. BOIVIN, GASTELLU, LAURENT, LOMBARD, MOUTHON, PRAVE.

A S S I S T A N T S

Mme CHAUVE, MM. DALLOZ, GIRAUD, Mme RACHAIL, M. GRISVARD, Melle
LAVAL, MM. LAVIROTTE, SAGAN, VOISIN.

E X A M I N A T E U R S D E L A T H E S E

Président : M. le Professeur REVOL de la Faculté de Médecine,

Premier Assesseur : M. le Professeur FONTAINE de l'Ecole Nationale
Vétérinaire,

Deuxième Assesseur : M. le Professeur LAPRAS de l'Ecole Nationale
Vétérinaire.

L'Université Claude Bernard (Médecine-Pharmacie) de LYON, et
l'Ecole Nationale Vétérinaire déclarent que les opinions émi-
ses dans les dissertations qui leur sont présentées doivent
être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elles
n'entendent leur donner ni approbation, ni improbation.

A MES PARENTS

*

A MA FEMME

A MONSIEUR LE PROFESSEUR REVOL

Professeur à la Faculté de Médecine de LYON

qui nous a fait le grand honneur
d'accepter la présidence de notre
jury de thèse

Hommage très respectueux

A MONSIEUR LE PROFESSEUR FONTAINE

Professeur à l'Ecole Vétérinaire de Lyon

qui a bien voulu nous diriger dans
la réalisation de ce travail.
Qu'il trouve ici l'expression de
notre respectueuse reconnaissance

A MONSIEUR LE PROFESSEUR LAPRAS

Professeur à l'Ecole Vétérinaire de Lyon

qui nous a inspiré le sujet de cette
thèse et nous a toujours réservé un
accueil bienveillant.

I N T R O D U C T I O N

Le cheval, autrefois moteur ou arme de guerre, après un déclin inquiétant, a été remis à l'honneur par notre civilisation de loisirs. Il est devenu surtout animal d'agrément ou de sport, souvent même animal de luxe. L'instauration du tiercé et du P.M.U. ont largement contribué à l'essor considérable des courses. Et la nécessité impérieuse de détente et d'exercice ont fait le succès, toujours croissant, de toutes les formes d'équitation d'extérieur : concours complet d'Equitation, concours de saut, d'obstacle et randonnées.

L'importance des enjeux financiers et le niveau toujours plus élevé des épreuves ont rapidement nécessité la sélection et la spécialisation du cheval de sport. En même temps son entraînement est devenu plus spécifique et plus intense. L'entraîneur et le cavalier ont certes une grande part de responsabilité dans ce travail. Mais de plus en plus ils utilisent les conseils de leur vétérinaire attendant de lui qu'il s'appuie sur des techniques plus scientifiques. Celui-ci sera appelé à déterminer la condition du cheval, éventuellement ses possibilités et à dépister précocement l'apparition de lésions. Ensuite, rôle parfois plus simple, souvent plus ingrat, il devra aider l'utilisateur à établir un plan de travail susceptible d'amener le cheval au maximum de sa forme, à la date désirée en ayant soin, si possible, de ne pas trop céder, sans raison, aux penchants des en-

traîneurs pour la pharmacopée miracle.

Le vétérinaire, intéressé par la médecine sportive, dispose d'un champ d'action vaste et passionnant. Il comprend en effet, outre les données purement physiologiques et médicales, celles relatives à la sélection, à l'élevage, à l'alimentation, à la psychologie de chaque cheval.

En ce qui nous concerne, nous nous efforcerons de rassembler les différentes méthodes jusqu'alors utilisées à notre connaissance pour déterminer la condition et les ressources physiques d'un cheval, en nous bornant toutefois à l'exploration cardio-vasculaire et hématologique. Nous tenterons d'en dégager celles susceptibles d'être utilisables et utiles, dans la pratique. Il nous a cependant paru nécessaire de décrire dans un premier chapitre la nature de l'effort demandé selon les différentes disciplines ; ainsi nous pourrions comprendre le choix du cheval et de l'entraînement, et attribuer une importance relative aux différents critères de forme. Dans le second chapitre, nous résumerons les mécanismes physiologiques relatifs à l'effort physique et à l'entraînement qui, tout à la fois, motivent les examens pratiqués en médecine sportive et les replacent dans leur contexte beaucoup plus général.

PRINCIPAUX TYPES D'ÉPREUVES, SÉLECTION, ÂGE ET ENTRAÎNEMENT DES CHEVAUX SELON LEUR SPÉCIALITÉ

Schématiquement, nous pouvons diviser les compétitions équestres en deux groupes principaux :

- les courses, où tous les chevaux d'une même épreuve font ensemble un parcours déterminé,
- les concours où ils partent successivement (nous ne parlerons pas du polo malheureusement assez peu à l'honneur en France en raison des installations et des frais considérables qu'il implique. En outre, la connaissance que nous en avons est exclusivement livresque),
- les courses se divisent elles-mêmes en courses de trot, monté ou attelé, et en courses de galop : plat, haies et steeple,
- les concours, pour leur part, comportent trois spécialités : concours de dressage, concours de sauts d'obstacles et concours complet d'équitation.

Bien sûr, dans chacune de ces catégories il existe une hiérarchie, une gradation dans les épreuves ; la qualification des chevaux, pour l'une ou l'autre d'entre elles, se fait généralement en fonction des gains et de l'âge.

Les courses.

Déjà prisées dans l'antiquité pour le spectacle qu'elles offraient, les courses actuelles ont pour objectif le plus évident l'utilisation à des fins pécuniaires des qualités athlé-

tiques de la race équine. Mieux que toute autre discipline, elle permet de tester chez le cheval, en même temps que sa vitesse pure, sa force, son énergie et la trempe de ses tissus. C'est elle qui met à l'épreuve le plus intensément son organisme tout entier souvent malheureusement lorsque celui-ci n'a pas encore atteint sa pleine maturité.

Les courses, pour les trotteurs, débuteht généralement à trois ans encore que, de plus en plus, on recherche la précocité notamment par l'apport de sang américain et qu'il y a maintenant de nombreuses courses pour deux ans. Pour les pur sang elles débutent à deux ans. Cela fait débiter l'entraînement du poulain vers 18 mois ; précocité due essentiellement à des raisons économiques : amener un cheval à l'âge adulte sans compensations coûte cher. Cette pratique menée avec beaucoup de sagesse et de prudence paraît acceptable et même favorable. Elle devient catastrophique chez les entraîneurs peu soucieux de la physiologie.

Les galopeurs.

Les poulains de pur-sang, généralement nourris avec un maximum de soins et d'attention, arrivent à l'entraînement vers 18 mois, soit vers le mois d'octobre. Déjà dépaycé, le poulain devra en plus se soumettre à la volonté de l'homme. C'est là un moment psychologique délicat où le bon entraîneur agira avec beaucoup de tact.

Cette "mise en santé" se prolongera par une très progressive "mise en muscle" : promenades au pas, trotting et

quelques canters. Enfin, à l'approche des premières courses pour deux ans, vers le mois de juillet, les poulains les plus précoces seront "mis en souffle", par l'adjonction à leur travail de quelques "bouts vites". Les plus tardifs ne devraient pas courir avant la fin de l'année ou mieux seulement à trois ans. En effet, des travaux entrepris dès 1961 aux Etats-Unis à la demande du Jockey Club Américain, s'inquiétant du nombre considérable d'accidents osseux et tendineux rencontrés chez les deux ans, ont mis en évidence de façon éclatante les inconvénients qu'il y avait à faire courir des poulains incomplètement formés. Or leurs résultats statistiques (portant sur 404 poulains) montrent qu'entre 22 et 24 mois, 36 % seulement avaient un squelette complètement ossifié ; 52 % devaient être encore ménagés et 12 % totalement retirés de l'entraînement. C'est dire encore une fois toute la mesure qu'exige l'entraînement des deux ans.

Les courses "classiques" sont réservées aux chevaux de trois ans. Souvent les grands "cracks" se contentent de courir "leur" année. Ils évitent ainsi de ternir leur blason par une défaite ou de compromettre leur carrière de reproducteur par un accident toujours possible.

A Paris, les chevaux courent rarement en plat après l'âge de cinq ans. En province, cela est beaucoup plus variable. Cependant, en moyenne, ils terminent leur carrière à l'âge où le cheval de selle la débute ; est-il bien concevable que le seul fait d'une nourriture plus poussée puisse ainsi faire gagner au départ deux ans sur quatre ?

Les statistiques montrent que 65 % des chevaux de course sont réformés pour tendinite. 5 % seulement terminent leur carrière indemnes de lésion tendineuse. Cela prouve de manière évidente que l'effort demandé en course est excessif. Cependant d'autres facteurs entrent en ligne de compte :

. La sélection est faite avant tout sur la vitesse et peu sur la qualité des tissus. Au contraire les chevaux claqués partent même plus tôt que les autres à la reproduction puisque leur carrière sportive se trouve stoppée, ce qui amène à douter que le but noble des courses, à savoir l'amélioration des qualités athlétiques du cheval, soit bien atteint. Bien sûr ces considérations sont générales et statistiques. Dans les écuries de grand renom la sélection est faite avec infiniment plus de soin. Par exemple, les juments destinées à la reproduction sont seulement essayées à l'entraînement. Si leur classe est jugée suffisante, elles retournent au haras sans avoir couru. L'expérience a prouvé en effet que les efforts excessifs de la course, et surtout le doping, diminuent considérablement la valeur des reproducteurs.

. L'entraînement de base est insuffisant. Le travail journalier classique d'un pur-sang est en effet ainsi conçu :

Il se fait par lots, chaque lad ayant généralement en charge trois ou quatre chevaux. Ceux-ci se rendent sur le terrain d'entraînement, au pas ou au petit trot. L'entraîneur assigne ensuite à chacun le travail qu'il juge utile : promenade de santé,

trotting, canter ou galop. Après un retour au calme, ils rentrent à l'écurie au pas. L'ensemble de la sortie excède rarement une heure. En effet, certains entraîneurs ont 100 et même jusqu'à 200 chevaux sous leur responsabilité et, dans ce cas, il est malheureusement bien difficile de procéder autrement. En outre, à ce travail insuffisant par manque de temps, s'ajoute la crainte perpétuelle du claquage qui conduit aussi à un sous-entraînement.

Nous avons parlé plus haut du trotting. Mais tel qu'il est conçu, le plus souvent, dans le travail d'un pur-sang il ne correspond pas à une mise en muscle : les chevaux "déroutent" plutôt leur trot sans chercher à se forcer dans cette allure qui ne devient qu'un simple dérouillage, un simple échauffement. Et si l'on compare ce travail de "détente" aux trente kilomètres de "footing" quotidien du coureur de demi-fond, il paraît évident que l'entraînement du galopeur pêche par manque d'une réelle "mise en muscle". Mais nous pouvons comprendre que le vrai "trotting" ne soit pas très à l'honneur. En effet, il est très probable que le trot développe d'autres groupes musculaires que ceux spécifiques du galop. Par contre, nous sommes convaincus que des galops lents (à une vitesse de 350 à 400 mètres par minute), non pas "rassemblés", mais "engagés", seraient un excellent exercice pour la musculature du dos et des membres et sans risque de claquage. Malheureusement, ce travail se heurte à de nombreux préjugés. De plus il est rendu difficile par manque de lads réellement qualifiés car il nécessite, pour être efficace, suffisamment de tact et d'expérience de la part du cavalier afin d'obtenir la soumis-

sion et la "mise en main" indispensables à ce travail.

Insistons sur le fait que cet entraînement de base n'aurait que peu d'influence sur les résultats en course. En effet, et chacun le sait, le meilleur entraîneur ne fera pourtant jamais gagner un mauvais cheval. Mais il est probable qu'il diminuerait quelque peu les accidents tendineux par une meilleure préparation de l'organisme à l'effort.

. Enfin l'entraînement du cheval de course tel qu'il est pratiqué a, à notre avis, un autre désavantage qui n'est pas à négliger. En effet, il engendre, dans sa conception même, une grande monotonie. Or l'équilibre nerveux du pur-sang est soumis à rude épreuve. Sans cesse surexité par une ration généralement excessive en avoine, ses réactions face au stress de la course ne sont pas toujours bonnes. Les sujets "froids" et calmes sont malgré tout les plus rares. Certains sont affolés à la perspective l'un nouvel effort. D'autres réagissent en refusant de se "livrer". Tous ont plus ou moins des réactions violentes.

A notre avis, il serait donc important que leur entraînement quotidien intervienne comme facteur équilibrant, presque distrayant au sein de l'atmosphère excitante de leur carrière. En effet la mémoire du cheval est excellente. Et tout ce qu'il se rappellera de ses premiers contacts avec l'homme, de ses premières compétitions, influera considérablement sur son moral et par conséquent sur sa carrière. Tous les entraîneurs le savent, mais bien peu ont la possibilité d'en tenir compte.

La fréquence des épreuves auxquelles participe un cheval de course est variable. Elle dépend d'une multitude de facteurs : programme, nature du terrain, condition et vitesse de récupération de chacun, sérieux de l'entraîneur et du propriétaire, etc.

D'une façon générale, les bons chevaux courent moins ; les grandes épreuves sont plus rares, et l'on craint de les écoeurer. En province, certains chevaux courent tous les week-ends d'un meeting. En moyenne, il semble qu'un cheval coure toutes les trois semaines ce qui ne paraît pas excessif pour un sujet en parfaite santé.

Mais nous n'avons pas parlé du cheval de courses d'obstacles. En fait peu de choses différent. A l'entraînement purement physique s'ajoute celui, technique, de l'obstacle. Il se fait d'abord en liberté, au couloir, puis monté.

Les courses de haie nécessitent une aptitude à sauter vite et une classe intrinsèque de plat. Les steeple, courus sur de gros obstacles et des distances plus longues (de 3 000 à 6 000 m) demandent aux chevaux puissance, fond et courage. Contrairement aux courses de plat ces épreuves regroupent souvent des chevaux d'âge (cinq ans et plus). Leur modèle est aussi plus important.

Ces épreuves sont aussi ouvertes aux autres que pur-sang (A.Q.P.S.) qui y réussissent souvent fort bien.

Les trotteurs.

Autrefois parent pauvre dans le monde des courses, le trotteur a aujourd'hui acquis ses lettres de noblesse. Il les doit aux efforts conjugués d'éleveurs de qualité et de la société d'encouragement à l'élevage du cheval français. Aujourd'hui, ils sont si nombreux aux départs des courses que les responsables ont dû établir des critères sévères pour leur qualification. En effet, pour être inscrit au Stud-Book, un trotteur doit satisfaire à des tests de vitesse (de l'ordre de 1,25 minute au kilomètre, mais cela est variable avec les champs de courses). La carrière d'un trotteur commence à deux ans. Cependant, elle est généralement beaucoup plus longue et chargée que celle d'un galopeur. Nous pouvons voir souvent courir des chevaux de 8 à 10 ans, âge limite, et couramment plusieurs week-end de suite.

L'entraînement n'est pas non plus comparable. Il permet d'abord un travail plus solitaire. Les attelages partent les uns après les autres pour la piste, chacun avec son programme personnel. En outre interviennent de nombreux facteurs techniques : équilibrage des fers, ajustement du harnachement, choix des enrênements, protection importante des membres. Le trot de course n'est pas une allure naturelle; la preuve en est que, dans les meilleures lignées, les poulains au paturâge galopent. Il faut donc les dresser à conserver cette allure quoiqu'il arrive et la favoriser par des enrênements étudiés. Certains, par exemple, rendent difficile le départ au galop.

L'entraînement du **trotteur** se rapproche beaucoup plus de celui de l'homme. Deux constatations permettent de le comprendre. Avant tout le trotteur, de par la nature de son effort, est moins sujet au claquage. Il est aussi, par ses origines de demi-sang, beaucoup plus rustique. De ce fait les entraîneurs ont moins de scrupule à leur imposer un rythme de travail plus dur. D'autre part le "trotting", allure de musculation par excellence, s'insère logiquement dans son entraînement. Ainsi, non limité par la crainte de la tendinite, il peut être conduit avec le maximum de rigueur scientifique. Les trottings de mise en muscle sont effectués à la vitesse de 300 à 400 mètres par minute et sur une distance de plusieurs kilomètres. La capacité cardio-respiratoire et la résistance à l'effort sont développés par un travail en "heat" : sorte d'entraînement fractionné où le cheval doit parcourir deux ou trois portions de 1000 à 1500 mètres à allure vive entrecoupées de périodes de repos au petit trot. Grâce à ce travail rigoureux, les performances des trotteurs se sont nettement améliorées : deux minutes au kilomètre en 1900, moins de 1 minute 20 secondes aujourd'hui, le record étant de 1 minute 13 secondes. Dans le même temps, les performances des galopeurs sont restées presque stationnaires. Mais n'oublions pas cependant que le trot de course n'étant pas une allure naturelle, la technicité et la sélection ont également une influence considérable.

En France on pratique également le trot monté, peu esthétique, mais facteur de chevaux solides donc utiles du point de vue sélection.

En conclusion, nous constatons que le travail du trotteur, plus technique et plus individualiste, aussi moins risqué, se prête d'avantage à un entraînement basé sur une surveillance médicale approfondie.

L e s C o n c o u r s

D'une manière générale, les chevaux de concours sont débourrés à trois ans et débutés en épreuves à quatre ans, l'année suivante. Au départ, ils subissent tous la même "mise en santé" et leur destination ultérieure dépendra de leurs aptitudes et bien souvent aussi des goûts de leurs propriétaires.

Le Dressage.

Nous parlerons à peine de cette discipline, technique, à vocation artistique où la souplesse, l'aisance et la calme énergie ont plus d'importance que des qualités athlétiques exceptionnelles.

Le dressage est long et le cheval n'atteint généralement son niveau maximum que vers l'âge de huit à dix ans.

Bien souvent ces chevaux sont recrutés parmi les pur-sang ayant terminé leur carrière de course. Leurs allures et leur modèle, alliés à un caractère souvent "froid" en font des chevaux très doués dans cette discipline. Quant à l'Anglo-Arabe, pourtant si expressif, il lui arrive d'être trop joueur, trop désireux de bien faire, ce qui l'amènera parfois à devancer les indications de son cavalier.

Les concours hippiques ou épreuves de sauts d'obstacles.

Le concours hippique ou épreuve de sauts d'obstacles est la discipline la plus pratiquée en France. Elle permet, en effet, à des cavaliers encore peu confirmés, de goûter, sans gros risques (les obstacles étant mobiles) aux joies de l'équitation sportive. Les épreuves, comme les chevaux et les cavaliers, sont d'un niveau très variable.

La race n'a que peu d'importance ; elle ne joue un rôle que dans certaines épreuves d'élevage. Le type "selle français" est, bien sûr, le cheval de concours hippique par excellence. Mais les Anglo-Arabs, les pur-sang et les trotteurs sont aussi très appréciés ; le choix du modèle est essentiellement fonction des goûts personnels du cavalier.

En compétitions, les chevaux débutent à quatre ans dans des épreuves qui leur sont réservées. Pour eux, seules interviennent les fautes aux obstacles. Le temps mis pour effectuer le parcours intervient seulement en cas d'excessive lenteur.

A six ans, le cheval doit être en mesure d'affronter les plus grosses épreuves. Mais la meilleure période se situe entre sept et treize ans. Cependant il faut savoir les conserver jusque là. En effet, d'une part les sauts répétés fatiguent les articulations, d'autre part les terrains de concours, souvent mauvais parce que durs ou irréguliers, éprouvent les membres et le squelette. De plus, trop souvent mal nourris dans leur jeune âge, certains chevaux se révèlent rapidement ostéitiques.

L'entraînement du cheval de concours est, lui aussi, très technique. Mais nous parlerons surtout ici de sa préparation physique. L'entraînement du jeune cheval a commencé à trois ans par le débouillage. La mise au travail se fait progressivement, à la longe et monté. Il doit d'abord s'habituer à supporter le poids de l'homme qui change son équilibre, et à obéir à des ordres simples. Le dressage à l'obstacle doit avoir pour but de développer, en premier lieu, le respect de l'obstacle, la franchise et l'adresse. Plus tard, il faudra s'efforcer d'améliorer la puissance et d'augmenter l'habileté à sauter vite.

La gymnastique du saut nécessite des points de force importants : épaules, dos, croupe, cuisses. Le trot et le galop rassemblés avec variations d'allure constituent la base de la musculation. Par ailleurs, les assouplissements, et par-dessus tout, l'engagement des postérieurs sous la masse, doivent impérativement compléter le travail du cheval d'obstacles.

Cette spécialité, bien que très technique, n'en demande pas moins de gros efforts. Et s'il est nécessaire, avec le jeune cheval, de sauter fréquemment, (deux à trois fois par semaine, en moyenne), il est encore plus important d'éviter l'écoeurement qui le rendrait négligent et inattentif. Seul un cheval travaillant avec entrain trouvera l'énergie nécessaire pour corriger ses erreurs d'appréciation ou celles de son cavalier. En effet une qualité majeure du bon cheval de concours, en plus de la puissance athlétique, est l'adresse, le respect de l'obstacle. Il possède cette qualité plus ou moins naturellement. Mais

généralement, il n'est pas conscient de la règle du jeu. Et son instinct le porte seulement à éviter de se faire mal. Seules une pleine forme et une grande condition physique l'amèneront à être généreux dans son effort et à mettre toujours la marge suffisante entre lui et les obstacles. Ce ressort lui est surtout nécessaire en cas de difficultés supplémentaires : parcours impressionnant, abord difficile, terrain glissant, etc. C'est à ce titre que la surveillance médicale devient importante, car la bonne forme d'un cheval de concours est difficile à conserver et il est important de savoir l'arrêter à temps. En effet, la saison est longue et à la fatigue des épreuves vient s'ajouter celle des voyages. Aussi, lorsque le cheval a acquis suffisamment de métier, il peut se contenter, comme travail quotidien, de longues promenades de détente. Tout en continuant à le muscler, elles peuvent contribuer à le distraire et à rompre le côté ardu et monotone de l'entraînement.

Concours complet d'Equitation.

Issu du championnat du cheval d'armes, le "complet" est la discipline nécessitant du cheval et du cavalier le plus grand nombre de qualités. Il se dispute sur trois épreuves exécutées obligatoirement par le même couple cheval-cavalier :

. l'épreuve de dressage montre la franchise et la régularité des allures, la soumission à l'emploi des aides. Elle se déroule le premier jour du concours.

. l'épreuve de fond qui a lieu le lendemain. Elle éprouve la résistance du cheval, son énergie, son habilité et sa franchise sur des obstacles aux profils inquiétants, son adresse en terrain varié et aussi sa classe de galop.

Au niveau international, elle comporte quatre phases :

- la phase A : parcours sur routes et sentiers de 8 kilomètres environ, à parcourir en un temps déterminé (240 mètres par minute ce qui correspond au trot ordinaire). Le cavalier a pour seule obligation de franchir à cheval les lignes de départ et d'arrivée. L'intervalle est laissé à son propre jugement.
- la phase B : parcours de steeple de 3 500 mètres environ, effectué sur un champ de course.
- la phase C : identique à la phase A, toutefois sur une distance un peu plus longue.
- la phase D : parcours de cross d'une longueur moyenne de 7 000 mètres. Il comprend une trentaine d'obstacles, tous fixes, dont l'abord, la conformation ou la réception, plus que la hauteur (1,20 mètre maximum) posent des problèmes.

Dans les phases B et D, le facteur premier est le temps. Le couple, lorsqu'il est dans le temps accordé, peut obtenir, selon sa performance, des points de bonification allant jusqu'à un maximum représentant une vitesse moyenne de 690 mètres par minute pour le steeple et 570 mètres par minute pour le cross.

Ensuite interviennent les éventuelles fautes aux obstacles : refus ou chutes. Elles sont évaluées en points de pénalité retranchés des points de bonification gagnés par un bon temps.

Ces quatre phases se succèdent avec seulement dix minutes de repos entre C et D.

. L'épreuve de sauts d'obstacles. En compétition internationale, elle a lieu le troisième jour et elle est précédée d'une visite vétérinaire. Dans les compétitions nationales, lorsque l'épreuve de fond est moins éprouvante, elle peut avoir lieu dans la même journée que cette dernière.

Ce concours hippique doit démontrer que, malgré les efforts de la veille, le cheval a su récupérer et conserver suffisamment d'influx pour franchir sans faute un parcours classique d'obstacles mobiles.

En France, les épreuves sont classées en six séries, de difficulté croissante. De la première à la quatrième série, seule la phase D de l'épreuve de fond est conservée sur des distances allant de 3 000 à 3 800 mètres. En cinquième série s'ajoute un "routier", semblable aux phases A et C précédemment décrites. Les sixièmes séries (généralement une par an : championnat de France) se disputent suivant le schéma international, avec cependant des distances un peu inférieures.

Les chevaux destinés au concours complet sont choisis généralement très près du sang. Le type d'effort demandé, décrit

ci-dessus, en fait comprendre la nécessité. Le modèle idéal serait celui du pur-sang irlandais ou de l'A.Q.P.S. L'Anglo-Arabe est également un excellent cheval de concours complet, compensant son relatif manque de taille par une énergie et un courage remarquables. Le pur-sang anglais que l'on rencontre de plus en plus dans toutes les disciplines, est souvent là encore le meilleur. Mais il reste cependant un peu trop fragile. Malgré tout, un crack d'Auteuil fera certainement aussi un champion de concours complet.

Mais il ne suffit pas au cheval de complet de galoper fort et d'être bon sauteur. Il doit également être nerveusement très équilibré. Ainsi ne se fatigue-t-il pas inutilement et il reste attentif à son travail en toutes occasions. En effet, contrairement à son cavalier, le cheval ne connaît pas le profil des obstacles. Généralement, il voit au dernier moment si derrière une haie d'apparence banale se cache un trou, un contre-bas ou une rivière. Bien sûr, le cavalier est là pour l'aider, pour l'amener à la vitesse voulue et lui communiquer ses intentions. Mais il doit ensuite faire confiance au jugement de son cheval, notamment dans les combinaisons. C'est d'ailleurs, à notre sens, ce qui rend cette discipline si exaltante. Seul un couple cavalier-cheval vraiment confiants l'un en l'autre réussira en grosse compétition.

Dans les compétitions internationales, seuls les chevaux de six ans et plus sont admis. Ceux de cinq ans ont droit aux séries 1 à 5 ; les quatre ans n'ont droit qu'aux deuxièmes séries bis, réservées aux débutants.

En France, le nombre de nos représentants de classe internationale est encore réduit. Et les chevaux qui offrent le plus d'espoir sont usés trop tôt car, là encore, l'âge optimal du cheval de complet se situe entre sept et onze ans.

Nous comprenons par cette description le grand intérêt que représente, pour le cavalier comme pour le vétérinaire, l'entraînement de ces chevaux.

Nous l'avons vu, le cheval débute donc ce genre de compétitions, de manière sérieuse, à cinq ans. Mais sa carrière a néanmoins débuté, comme celle des autres chevaux de selle, par le débouillage, en fin de troisième année. Son année de quatre ans se passe comme celle d'un cheval de concours. Il subit cependant un dressage classique de base moins spécialisé. En fin de saison, il peut participer à une ou deux "deuxième série bis" (citées plus haut). Ensuite il poursuit parfois par une deuxième saison de concours hippique ; les obstacles fixes sont réservés à l'entraînement. Il acquiert ainsi une excellente technique à l'obstacle, tout en évitant une fatigue excessive du coeur et des membres.

A six ans, intervient donc la préparation proprement dite aux épreuves. Jusqu'en quatrième série, un cheval de classe n'a guère besoin d'un entraînement particulier. Beaucoup de cavaliers "galoppent" trop à l'entraînement. Pour notre part, nous avons toujours préconisé de bonnes promenades aux trois allures, en fonction du terrain, avec quelques pointes de galop, sur 5 à 600 mètres, pour mettre en souffle. Jamais aucun de nos chevaux,

ainsi préparés, ne s'est trouvé en difficulté, quel que soit le terrain. Cela peut être encore vrai pour les cinquièmes séries. Toutefois, il est bon d'augmenter les trottings (par exemple trois fois par semaine, trois tranches de 10 minutes, séparées par du pas).

Pour les épreuves de niveau international, le travail doit être conduit avec beaucoup d'intelligence. A notre avis, il paraît très dangereux d'établir un plan de travail et de vouloir le suivre à tout prix. Cela ne veut pas dire qu'il doit être mené en dilettante ! Au contraire, l'attention du cavalier et du vétérinaire devra être en perpétuel éveil afin de déceler à temps fatigue, écoeurement ou maladie insidieuse.

Les deux aspects, technique et athlétique, de l'entraînement sont généralement dissociés. L'idéal paraît se situer dans un travail bi-quotidien. Le matin est, par exemple, consacré au travail de dressage ou à la gymnastique de l'obstacle ; l'après-midi à la mise en condition ; celle-ci peut, bien sûr occasionnellement, comprendre un parcours d'obstacles.

Classiquement, l'entraînement comporte surtout des trottings et des galops, à allure modérée (400 mètres par minute). Ils sont progressivement allongés jusqu'à une dizaine de jours de l'épreuve. Le cheval doit alors tenir, sans fatigue apparente, un galop de 20 minutes, soit environ 8 kilomètres. Ensuite, il suffit d'entretenir cette condition jusqu'au jour du concours, sur des distances sensiblement plus courtes.

Lorsqu'il est en bonne condition physique, le cheval peut être emmené sur le champ de course pour faire une fois le tour du steeple (environ 1 500 mètres) à son train. Deux ou trois séances doivent permettre au cavalier de trouver l'allure qui, sans entamer les réserves de son cheval, lui permettra cependant de parcourir le steeple de l'épreuve, avec un certain nombre de points de bonification ; le cheval à grande classe de galop doit obtenir le maximum, soit faire son parcours à la vitesse de 690 mètres par minute.

Les anglais ont souvent des méthodes plus énergiques. Nous pouvons les voir, à quelques jours de l'épreuve, parcourir 3 000 mètres au galop, dont les derniers 1 000 mètres à la cravache et au "botte à botte", comme à l'arrivée d'une course. Peut-être sont-ils dans le vrai puisqu'ils sont maîtres incontestés dans cette discipline : regardons, par exemple, les résultats des récents championnats d'Europe (1971). Ils sont gagnés par la princesse Ann, et les huit premiers sont anglais ! Mais l'importance et la qualité de leurs réserves permettent de moins craindre l'accident. La relève est toujours assurée. Cela rejoint peut-être nos propos relatifs au sous-entraînement du cheval de plat.

Le Docteur PRADIER, responsable de la surveillance médicale de l'équipe de France, a mis au point un entraînement fractionné qui a donné, semble-t-il, d'excellents résultats.

Le schéma de cette mise en condition, à exécuter tous les jours, est le suivant :

- . Galop de 400 mètres par minute pendant une minute.
- . Repos pendant deux minutes.

Cette séquence sera répétée d'abord quatre fois puis 5, 6, 7 fois.

- . Deux fois par semaine elle sera remplacée par :
- . Galop de 600 mètres par minute pendant une minute
- . Repos pendant trois minutes.

Ce travail doit être sérieusement surveillé et dosé.

Comme nous le disions plus haut, vouloir à tout prix poursuivre un programme pré-établi, malgré une baisse de forme prolongée, paraît très dangereux. Mais cette méthode, tout en économisant les membres, permet d'augmenter la résistance à la lactacidémie, donc à la fatigue. En même temps, elle fortifie le coeur et les muscles. Elle mérite donc d'être suivie avec grand intérêt d'autant qu'elle pourrait devenir en retour un moyen d'évaluer la forme.

Pour notre part, nous croyons toujours à la vertu des longues promenades (1 à 2 heures), au pas, en terrain suffisamment vallonné pour que le cheval souffle et se muscle dans les montées. Ce travail offre, en outre, l'avantage de fortifier les articulations sans risque d'accident. Ces promenades sont entrecoupées de quelque temps de trot ou galop, évitant ainsi toute monotonie. Cette méthode nous semble particulièrement indiquée pour des chevaux dont les tendons paraissent fragiles. Encore faut-il être à proximité de terrains appropriés et, bien sûr, y associer quelques galops de mise en souffle, mais cette fois sur bon terrain.

Habituellement, les cavaliers de gros concours complets se donnent un ou deux objectifs internationaux pour l'année. Par exemple les championnats d'Europe ou du monde, ou les jeux olympiques, (Ces épreuves s'intercalent à raison de une tous les quatre ans pour les jeux et les championnats du monde, une tous les deux ans pour les championnats d'Europe), et une autre épreuve qui est souvent considérée comme un test. En France, il peut disputer deux ou trois cinquièmes séries, ce qui fait donc cinq épreuves dans l'année. A ce niveau, cela paraît un maximum.

Lorsqu'il s'agit de concours nationaux, la moyenne se situe entre cinq à dix épreuves, sachant que la majorité de ces chevaux font également des concours de sauts d'obstacles et de dressage.

Les Raids et Randonnées.

Nous ne parlerons pas des raids, pourtant très à l'honneur dans les armées de jadis. Ils pouvaient, à ce moment-là, correspondre à une nécessité pratique. Mais ils sont complètement abandonnés en France actuellement car les efforts demandés aux chevaux étaient si prolongés qu'ils aboutissaient trop souvent à la mort de l'animal. Cependant envisagés sous la forme de rallyes à vitesse imposée, la préparation à de telles épreuves devrait, là encore, être passionnante pour le vétérinaire et pour le cavalier et il y a tout lieu de croire que de telles compétitions verront à nouveau le jour dans les prochaines années.

Conclusion.

Nous avons essayé, dans ce premier chapitre de montrer l'intérêt que pouvait présenter l'exacte connaissance de la condition physique des chevaux dans les différentes disciplines équestres. Nous avons montré les difficultés que l'on rencontre dans l'entraînement des galopeurs dont la carrière est trop soumise à des contingences d'ordre traditionnel, institutionnel et financier en regard de laquelle la recherche d'une performance sportive n'a qu'une faible importance en elle-même.

Par contre, une surveillance médicale de l'entraînement devrait être particulièrement efficace pour les chevaux de "complet" : en effet les efforts qui leur sont demandés en compétition impliquent une préparation minutieuse pour laquelle les compétences complémentaires du cavalier et du vétérinaire ont tout lieu de s'unir.

PRINCIPALES DONNEES PHYSIOLOGIQUES RELATIVES A L'EFFORT PHYSIQUE ET A L'ENTRAINEMENT

A - Réaction de l'organisme face à l'effort physique.

L'exercice physique provoque des réactions respiratoires, circulatoires, sanguines et thermiques.

. Lors de l'effort physique, la fréquence et l'amplitude des mouvements respiratoires augmentant sous l'influence des régulateurs chimiques de la respiration : CO_2 , O_2 et pH. Ceux-ci agissent en synergie :

- d'une part, directement sur le centre de la respiration situé dans le bulbe,

- d'autre part, indirectement par l'intermédiaire de récepteurs situés en divers points de l'appareil circulatoire (33).

Parallèlement, la régulation cardiaque est commandée par les centres situés dans le bulbe. Ceux-ci régissent aussi les centres de la circulation avec lesquels ils sont en étroite connection. Leurs stimuli sont acheminés par les fibres sympathiques et parasympathiques.

. L'effort provoque, par l'augmentation du tonus sympathique, l'accroissement de la fréquence des contractions cardiaques. Il fait aussi augmenter le volume de l'ondée sanguine par suite d'un remplissage plus complet des ventricules. Une élévation de pres-

sion, dans l'oreillette droite, provoque, par voie réflexe, une augmentation de volume de l'ondée cardiaque et une accélération du rythme (réflexe de Bainbridge) (33).

. De même, l'effort fait apparaître une vaso-dilatation périphérique ; mais elle est accompagnée de vaso-constriction viscérale.

Nous pouvons noter également l'augmentation de viscosité due à l'hémoconcentration et l'augmentation de pression artérielle systolique. Celle-ci diminue dès l'arrêt de l'effort pour revenir progressivement à la normale.

Les réactions sanguines à l'effort sont de plusieurs ordres. On remarque :

1. une hémoconcentration : elle est due principalement à la perte de liquide occasionnée par la régulation thermique ;
2. le maintien de la pression partielle d'O₂ et de la saturation du sang en O₂.
3. Une augmentation de la pression partielle de CO₂ lors d'exercices peu intenses. Au contraire une diminution de cette pression lors d'exercices intenses.
4. Une acidose, notamment due à l'augmentation de CO₂ et à la formation d'acide lactique. La lactacidémie croît, en effet, considérablement lors d'exercices intenses. Un travail prolongé lui fait atteindre un seuil en rapport avec la résistance du sujet (32). Le retour à la normale est toujours lent.

. La glycémie reste à peu près stable pour un travail léger. Elle augmente pour un exercice intense mais bref (environ 10 minutes).

Elle diminue beaucoup pour un effort du type "marathon" (jusqu'à 0,50 g/l chez l'Homme).

. D'après CARLSON et PERSON (11) la concentration en F.F.A. diminue durant l'exercice (étude faite sur le cheval, au trot, sur un tapis roulant). Au contraire, elle augmente pour le glycérol.

. Les transaminases, qui sont des enzymes principalement musculaires et hépatiques, se retrouvant également dans le sérum, signe d'un remaniement cellulaire permanent ; leur taux est doublé ou triplé après un effort (21).

. La créatine phosphokinase (C.P.K.) donne des résultats comparables, mais particulièrement intéressants parce que spécifiquement musculaires (41). D'après VON GERBER (24), un effort violent (type course) double sensiblement le taux sérique des C.P.K. alors qu'un exercice modéré est pratiquement sans effet.

. Le dosage des catécholamines urinaires et de la sérotonine permettent d'évaluer le stress d'un effort prolongé.

. Enfin, l'effort physique amène l'élévation de la température rectale, proportionnelle à sa durée, et aussi influencée par son intensité. Au contraire, la température extérieure ne joue pas. Chez l'Homme, lorsque la température rectale atteint 40° C, elle décroît ensuite en une heure environ (32). Cette remarque est sensiblement valable également chez le Cheval.

B - Evaluation de l'aptitude à l'exercice musculaire.

- . Elle est faite d'appréciations sur l'apparence générale (chez le Cheval, nous dirions "modèle" !), le poids, la taille, l'âge, le sexe, le tempérament.
- . Elle dépend de la nature de l'effort demandé. Ainsi les chevaux de concours de sauts d'obstacles sont généralement plus lourds, plus massifs, plus grands que les galopeurs.
- . Chez l'Homme, l'âge optimal pour les courses de vitesse peut se situer entre 20 et 25 ans. Au contraire, il avoisine 35 ans pour les courses de grand fond (32). Ces proportions sont conservées chez le Cheval : 3 ans pour les épreuves de vitesse, 7 à 11 ans pour les épreuves de fond.
- . Cette évaluation tient compte également de la capacité à supporter de fortes concentrations en acide lactique, faculté très importante pour les courses de demi-fond. Soit, pour le Cheval, dans les distances classiques de plat (1200 à 3000 mètres). Son importance est moyenne sur 5000 mètres et très minime dans les courses de grand fond (comparables aux sixièmes séries de C.C.E.) Pour ces dernières, l'adaptation respiratoire et circulatoire permettant la dégradation oxydative de l'acide lactique en cours de travail musculaire, importe davantage. C'est la notion de capacité oxydative. Dans d'autres cas, le facteur limitant sera le processus d'apport énergétique et la synthèse des composés riches en énergie, ou encore l'amoindrissement précoce de l'aptitude réactionnelle des synapses du système nerveux central, en

particulier au niveau des cellules des cornes antérieures de la moëlle (33).

Le but de l'entraînement est d'augmenter les ressources de l'organisme pour une tâche déterminée. Il conduit à un certain nombre d'adaptations que nous nous contenterons de citer dans le paragraphe suivant.

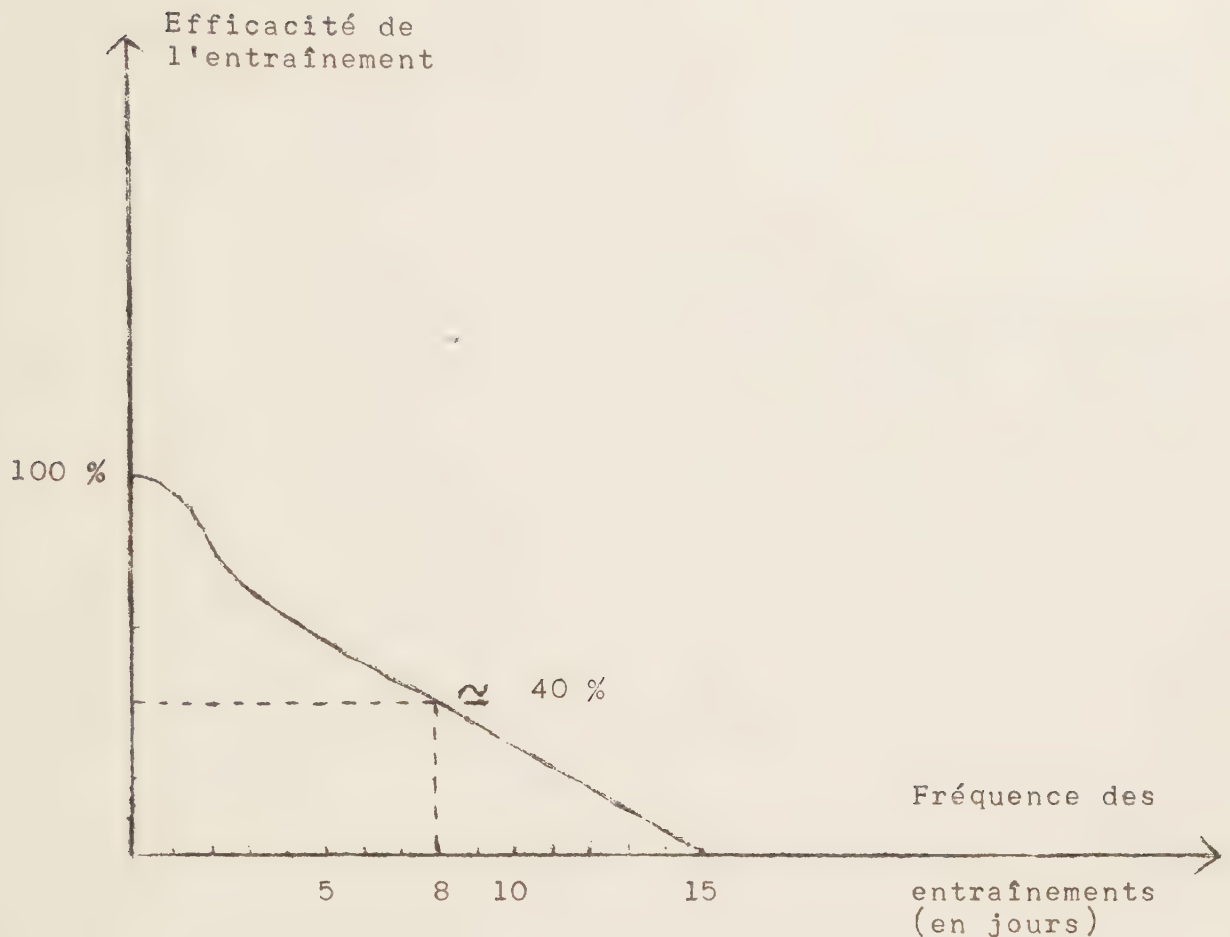
C - Effets de l'entraînement.

1. Sur le muscle.

Le travail musculaire conduit à une hypertrophie qui est le fait d'une augmentation de volume des fibres musculaires et non de leur nombre. Une contraction musculaire s'élevant à environ 40 à 50 % de la force maximum, est suffisante pour donner l'effet maximum de l'entraînement (HERTINGER et MULLER) (26). Par contre, les contractions correspondant au travail de la vie courante (20 à 30 % de la force maximum) sont sans effet.

Sur un effort isolé, la force musculaire croît pendant environ huit jours. Elle redécroît ensuite dans le même temps ; cela permet de conclure qu'un entraînement bi-mensuel est sans effet. Par contre, après un effort important, le muscle reste réfractaire à toute amélioration pendant 24 à 36 heures.

Voici un graphique indiquant l'accroissement de la force musculaire selon la fréquence des entraînements.



CROQUIS N° 1 - Efficacité de l'entraînement en fonction de la fréquence des entraînements.

Ces constatations permettent de donner une orientation à l'entraînement des chevaux en fonction de leur utilisation. A ce propos, il est intéressant de remarquer que le travail d'entretien peut être nettement inférieur à celui de la préparation. D'ailleurs beaucoup d'entraîneurs le savent par expérience.

. Le taux de myoglobine s'accroît avec un travail régulier. (Au contraire, un effort unique, même épuisant, n'a pas d'influence sur la concentration en myoglobine du muscle). Le stimulus semble

être une hypoxie répétée, venant d'un travail prolongé ; il peut atteindre son maximum en 15 jours environ. Mais il diminue à nouveau s'il y a inactivité.

ASTRAND et collaborateurs (26) ont fait une étude sur l'entraînement fractionné (intermittent exercise). Ils montrent que celui-ci, chez l'Homme, fait augmenter la myoglobine. Or elle joue un rôle de réserve d'O₂, à disponibilité immédiate, très importante pour l'efficacité du muscle entraîné.

. D'après VANOTI, enfin (26) l'entraînement amène l'augmentation d'enzymes telles que : cytochrome oxydase, cytochrome C, ribo-flavine et autres co-enzymes de la chaîne respiratoire.

En même temps augmentent les dépôts d'énergie tels que phosphocréatine et glycogène. Ce dernier peut, d'ailleurs, doubler ou tripler, grâce à l'exercice physique. Cette progression apparaît dès le troisième jour. Elle atteint sa plénitude en 15 jours environ. Lorsque l'inactivité intervient, elle décroît alors en plusieurs semaines.

2. Sur l'appareil cardio-vasculaire et les constantes sanguines.

. L'entraînement conduit à doubler le nombre des capillaires musculaires et à tripler les anastomoses. Cela assure une meilleure oxygénation. Il y a augmentation du volume cardiaque, baisse du rythme de repos et renforcement des contractions.

. Nous pouvons constater l'augmentation de la quantité totale d'hémoglobine ; mais elle est due à l'accroissement du nombre des globules rouges et du volume sanguin total et non à une concentration supérieure de cette hémoglobine dans les globules.

. L'entraînement amène également l'augmentation de la capacité maximum de consommation en O_2 , ainsi que la dette d' O_2 acceptable.

. L'entraînement fait enfin augmenter le taux des transaminases sériques. Au repos, le taux de S.G.O.T. est, chez le Cheval, de 186 ± 52 U.R.F. Il passe, pour un entraînement de routine, à 346 ± 157 et à 631 ± 357 lors d'un entraînement très dur (21), (10), (14). Ce taux doit ensuite se stabiliser et décroître légèrement. La persistance d'une augmentation de la S.G.O.T. traduirait le sur-entraînement.

D - Conclusion.

Nous le voyons, les réactions de l'organisme face à l'effort physique et son adaptation à l'entraînement ont fait l'objet de nombreux travaux dont les résultats sont particulièrement intéressants pour leur compréhension.

Mais, bien souvent, les techniques de recherche sont incompatibles avec des examens de routine, soit que le manuel opératoire soit trop complexe ou trop coûteux, soit qu'il nécessite des prélèvements difficiles.

Malgré tout, le champ d'investigation reste vaste, notamment par l'analyse de prélèvements urinaires et surtout sanguins. Pour notre part, nous nous limiterons, dans cette étude, à l'exploration cardio-vasculaire et hématologique. Nous ne saurions cependant trop insister sur l'intérêt que peuvent présenter les analyses biochimiques dans la surveillance de l'entraînement et notamment le dosage des transaminases et de la C.P.K.

SURVEILLANCE MEDICALE DE L'ENTRAINEMENT BASEE SUR
L'EXPLORATION CARDIO-VASCULAIRE ET HEMATOLOGIQUE

Exploration cardiaque.

Le Coeur - Rappels anatomiques et physiologiques.

L'exploration cardiaque est capitale en médecine sportive. L'entraînement du cheval n'échappe pas à cette règle. A l'auscultation s'ajoutent les techniques, plus modernes, du phono et de l'électrocardiogramme.

."Le coeur du cheval pèse, en moyenne, 3,5 kg (51). Il présente la forme d'un cône à "base supérieure", dont le grand axe est légèrement incliné de gauche à droite. Il est suspendu par de gros vaisseaux et s'appuie, par sa pointe, sur le sternum. Situé de la troisième à la sixième côte, il est recouvert, de chaque côté, par les poumons. Comme chez la plupart des animaux, il semble avoir fait une rotation sur son axe. Ainsi, ses portions seraient mieux nommées antérieures et postérieures. Cependant, le coeur antérieur est toujours un peu plus à droite et le coeur postérieur un peu plus à gauche!"

Des mesures simultanées de pression, de volume ainsi que des enregistrements électro-phono-cardiographiques ont permis de déterminer le diagramme des phases d'activité cardiaques et de la position des bruits du coeur.

Il est intéressant de noter que le débit, dans les artères coronaires est nettement plus faible dans la systole. Par conséquent, le coeur est d'autant mieux irrigué que la systole est plus brève. C'est justement le cas du cheval de sang : 31 % ; Homme : 42 % ; Porc : 54 % (33).

L'auscultation va nous renseigner sur le rythme du coeur, sa fréquence, la force des contractions et sur l'existence éventuelle de bruits anormaux.

Fréquence cardiaque.

La fréquence cardiaque du Cheval au repos oscille aux environs de 30 à 40 pulsations par minute. Celui du cheval entraîné est généralement un peu plus lent.

Elle est indépendante du rythme respiratoire. Au contraire, elle subit l'influence des stimuli extérieurs : peur, douleur, etc. Pendant l'effort, elle augmente rapidement et atteint, en moyenne, 220 battements par minute à son maximum.

Par sa simplicité, la mesure de la fréquence cardiaque est la première méthode à utiliser dans la surveillance de l'entraînement. Aussi est-il naturel que de nombreuses publications aient été faites à ce sujet.

. ASHEIM et ses collaborateurs (2) ont fait des expériences à ce sujet sur des trotteurs. Ils étudièrent la fréquence cardiaque en fonction de l'effort demandé. Les enregistrements se faisaient

par télémetrie. Cette étude était d'ailleurs complétée par la mesure de la concentration sanguine en acide lactique, en hémoglobine et par l'hématocrite. Nous reproduisons les résultats obtenus.

TABLEAU I - Age, fréquence cardiaque et taux d'acide lactique au repos, à une vitesse sub-maximale et à la vitesse maximale chez 12 trotteurs.

En dessous, nous remarquons les valeurs moyennes et extrêmes trouvées pour l'hémoglobine et l'hématocrite.

Chevaux	Age	Repos		Travail sévere		Travail maximum	
		Fréquence cardiaque Batt/min	Acide lactique mM/l	F.C.	A.L.	F.C.	A.L.
1	6	30	1,3	194	3,1	224	9,9
2	7	35	1,1	208	6,0	228*	---
3	4	40	0,4	210	7,1	231	16,2
4	5	35	1,0	191	6,3	218	9,9
5	3	40	1,6	230	14,1	232	26,1
6	4	35	---	208	----	230*	----
7	5	33	---	198	----	221*	----
8	8	35	1,9	192	4,1	210	9,4
9	3	38	1,5	190	3,2	210	9,8
10	8	32	1,5	190	4,4	212	6,8
11	5	34	1,4	198	4,8	210	8,0
12	5	32	1,8	199	3,1	211	6,4
Moyenne	5 1/4	35	1,4	201	5,6	221	11,3
Hémoglobine		14,4(13,0-17,1)		(19,1(17,3-22,0)		22,2(18,2-25,1)	
G/100 ml							
Hématocrite (%)		37,5(34,0-41,0)		55,5(50,1-61,0)		57,8(52,0-68,0)	

* Valeurs obtenues durant une course simulée ou réelle.

TABLEAU II - Fréquence cardiaque et concentration en acide lactique chez 7 chevaux, lors d'un trotting continu (vitesse moyenne de 400 mètres par minute) ainsi que valeur extrême de la fréquence cardiaque et du taux en acide lactique.

! Chevaux !	! Age !	! Temps (min) !	! Distance (Km) !	! Fréquence cardiaque (Batt/mn) !	! Acide Lactique mM/l !
!	!	!	!	!	!
!	!	!	!	!	!
! 1 !	! 6 !	! 30 !	! 11 !	! 110 - 138 !	! 1,5 - 2,8 !
! 3 !	! 4 !	! 34 !	! 14 !	! 181 - 200 !	! 3,0 - 6,6 !
! 9 !	! 3 !	! 25 !	! 11 !	! 162 - 200 !	! 2,5 - 3,3 !
! 13 !	! 4 !	! 25 !	! 10 !	! 110 - 140 !	! 0,5 - 1,5 !
! 14 !	! 6 !	! 25 !	! 10 !	! 125 - 150 !	! 1,1 - 1,5 !
! 15 !	! 3 !	! 28 !	! 10 !	! 104 - 148 !	! 1,3 - 1,9 !
! 16 !	! 4 !	! 22 !	! 9 !	! 137 - 160 !	! 1,0 - 4,8 !
!	!	!	!	!	!

Ces résultats permettent les constatations suivantes :

1. La fréquence relativement élevée des pulsations cardiaques lors d'un travail maximum, en regard du rythme de repos.
2. Il existe d'assez importantes variations individuelles concernant la fréquence cardiaque maximale, sans que celle-ci puisse être rapportée à l'âge, la taille ou le sexe, encore que pour cela, il faille un lot de chevaux infiniment plus important. Il est donc très intéressant de connaître le rythme cardiaque maximal de chaque cheval dont on a la surveillance, afin de pouvoir juger de l'intensité des efforts fournis à l'entraînement.
3. Un long trotting à vitesse moyenne (400 mètres par minute) ne provoque pas d'efforts suffisants pour être considéré comme un réel entraînement cardio-pulmonaire. Une allure amenant la fré-

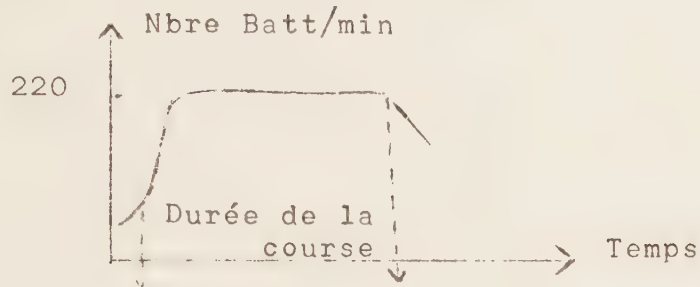
quence cardiaque à une valeur proche du maximum (inférieure par exemple seulement de 10 à 20 pulsations par minute) paraît donc nécessaire. Pratiquement, la meilleure méthode pour obtenir un tel résultat consiste en un entraînement fractionné en "heats", comme disent les américains. Il économise les membres tout en provoquant une concentration en acide lactique et un travail cardiaque comparable à celui obtenu en course.

L'étude d'ASHEIM se poursuivait sur l'entraînement des chevaux en piscine ; celui-ci est très comparable si l'on s'en réfère aux fréquences cardiaques et aux concentrations en acide lactique obtenues. Il faut cependant savoir que la dynamique de l'effort n'est pas la même. Aussi est-il sage de ne réserver cet entraînement qu'aux chevaux dont les membres ne permettent pas un travail ordinaire.

. H. KSZYWANNEK et ses collaborateurs (34) ont fait des recherches comparables sur 19 pur-sangs. Durant la course, ils constatent des valeurs maximales de la fréquence cardiaque. Elles sont comparables à celles des trotteurs (en moyenne 223 battements par minute) ou très légèrement supérieures. Il font aussi la remarque que les facteurs psychiques, comme l'ambiance de la course, font augmenter de 50 % le rythme cardiaque, avant l'épreuve.

Ils donnent, sans les interpréter, quatre exemples types de ce rythme, pendant les courses.

1. Constant durant toute la durée de la course



2. Brusque et brève inflexion vers le milieu de la course



3. Accroissement progressif en fin de parcours



4. La fatigue apparaît rapidement malgré une fréquence relativement peu élevée.



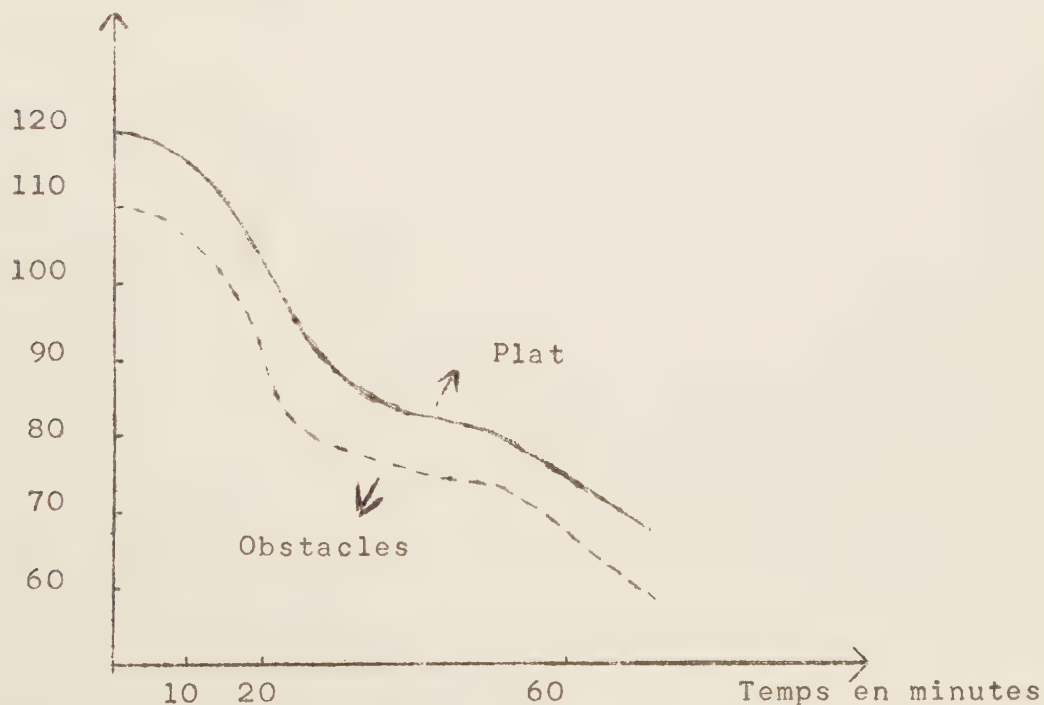
CROQUIS N° 2 - Quatre exemples typiques des variations de la fréquence cardiaque durant une course.
(d'après KSZYWANIEK H.)

Il serait intéressant que de telles mesures soient répétées avec des commémoratifs précis. Cela permettrait de tirer d'éventuelles conclusions de ces tracés.

Nous pouvons, en effet, nous demander s'il est souhaitable que le rythme cardiaque du cheval n'atteigne son maximum que dans l'effort final. En effet, il était précisé que le sujet ayant un tel tracé avait gagné.

. Une autre étude intéressante a été faite par P.H. WITHERINGTON (54). Elle concerne l'enregistrement des fréquences cardiaques après la course. L'étude statistique faite sur 1000 chevaux est résumée dans la courbe suivante.

Fréquence cardiaque



CROQUIS N° 3 - Courbe de récupération après effort (étude statistique faite sur 1000 chevaux de course par P.H. WITHERINGTON)

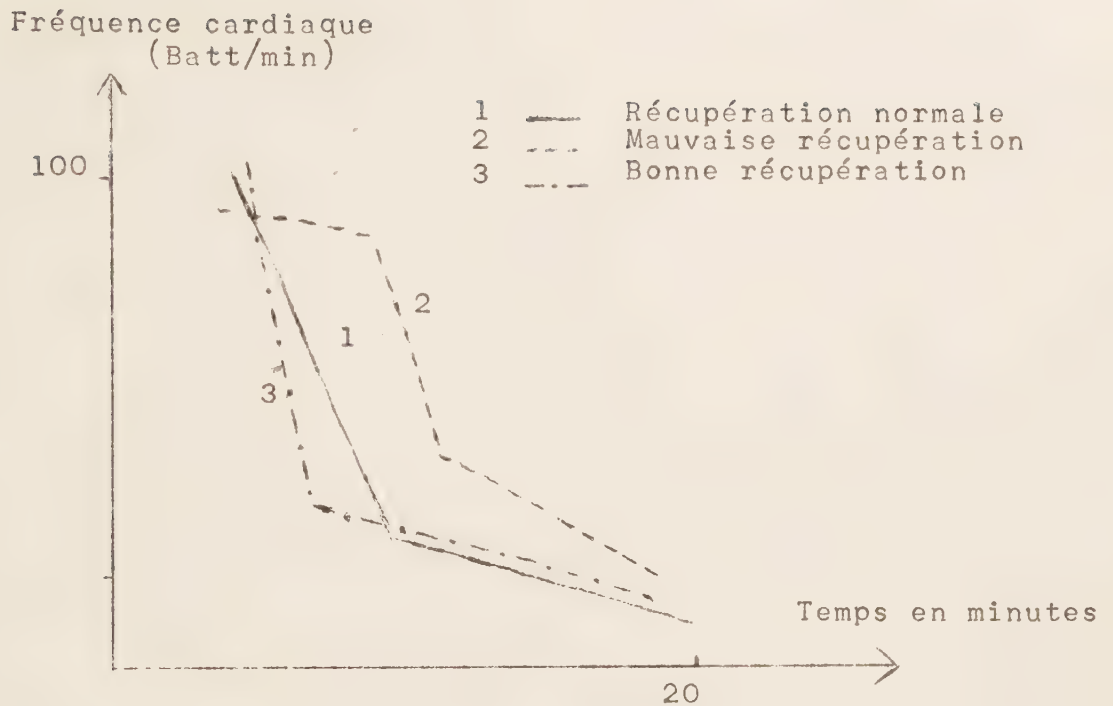
WITHERINGTON note en outre :

- que les vieux chevaux récupèrent généralement plus vite que les jeunes,
- que l'effort d'une course d'obstacles paraît moins intense que celui d'une course plate, sans doute parce qu'il est plus prolongé,
- qu'il n'y a guère de relations simples entre le retour à la normale de la fréquence respiratoire et celui de la fréquence cardiaque.

D'ailleurs, nous remarquons à ce sujet qu'il est souvent trompeur de mesurer la fréquence respiratoire d'un cheval en récupération.

En effet, certains chevaux, après une ou deux minutes de respiration très ample et de fréquence comparable à celle qu'ils avaient en cours d'effort, accélèrent ensuite considérablement leur rythme respiratoire en diminuant par contre fortement leur amplitude. Apparemment, aucune appréciation sur la forme du cheval ne peut en être tirée. Le seul signe respiratoire important est le retour à la quasi normale en moins d'un quart d'heure.

. Considérons aussi les relevés, faits en 1968 par le vétérinaire-biologiste Commandant CROMBE et le Colonel BARRAIRON (15). Ils concernaient les chevaux de concours pré-olympiques. Ils leur ont permis de formuler un test de récupération, basé sur la lecture du tracé fréquence cardiaque/temps.



CROQUIS N° 4 - Courbe de récupération après effort (étude faite en 1968 sur les chevaux pré-olympiques de l'équipe française par CROMBE et BARRAIRON)

Les chevaux étaient soumis, pour ce test, à un travail de manège classique d'une quinzaine de minutes, ce qui explique la récupération beaucoup plus rapide (20 minutes au lieu d'une heure) que celle constatée après une course. Cependant, il existe une analogie certaine entre la courbe de récupération des steeple-chasers et celles de ces chevaux de concours.

Cette méthode offre l'intérêt d'être facile à réaliser. Elle ne nécessite en effet, aucun matériel. Effectuée plusieurs fois pour un même cheval au cours de son entraînement, elle permet de suivre ses possibilités de récupération et, par là même, d'apprécier la valeur de son entraînement.

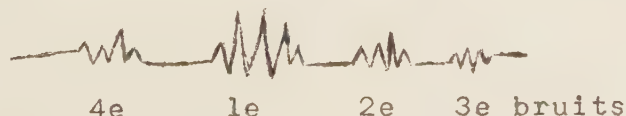
Pour conclure ce paragraphe relatif à la fréquence cardiaque, nous pouvons remarquer que le signe le plus général d'une bonne récupération, et par voie de conséquence d'une bonne adaptation à l'effort, donc d'un bon entraînement, est l'abaissement rapide de la fréquence cardiaque jusqu'à un niveau voisin de 80 pulsations par minute après un effort **très violent** (type course) et de 60 pulsations par minute après un effort plus modéré (type parcours de sauts d'obstacles). Les renseignements les plus valables sont fournis par la répétition des examens pour chaque cheval au cours de son entraînement.

Les bruits du coeur.

L'analyse, la compréhension des bruits du coeur sont à la base de la pathologie cardiaque. Par contre, elle offre peu de possibilités dans l'estimation de la condition physique. Nous nous bornerons donc à rappeler les caractéristiques "acoustiques" du cheval "normal" et à mentionner quelques "anomalies" apparemment sans retentissement fonctionnel.

L'auscultation cardiaque est un examen minutieux qui réclame d'être pratiqué sans empressement, en parcourant toute l'aire de projection cardiaque, aussi bien du côté droit que du côté gauche.

Le phonocardiogramme permet l'enregistrement de quatre bruits :



Premier bruit. Chez le cheval, le premier bruit peut être simple ou dédoublé.

a) Premier bruit simple : il est reproduit approximativement par les onomatopées "boum" ou "loup". Il dure 0,16 à 0,28 seconde et sa fréquence oscille entre 25 et 53. Il est constitué de trois composantes : la première formant le début du son a une basse amplitude et une basse fréquence et correspond au mouvement initial des ventricules. La seconde, de haute amplitude et de haute fréquence, correspond à la fermeture des valvules auriculo-ventriculaires. La troisième, terminale, de basse amplitude, est due à l'éjection débutante du sang dans les artères. Un premier bruit simple est souvent audible sur les coeurs rapides et il est normal.

b) Premier bruit dédoublé : reproduit par l'onomatopée "baloup" ; le dédoublement tient à la présence d'un bruit supplémentaire situé avant le premier bruit. Ce bruit supplémentaire, ou quatrième bruit du coeur, se plaçant dans l'intervalle Pq de l'électrocardiogramme, correspond soit à la contraction des oreillettes, soit, plutôt, à l'impact du jet sanguin dans les ventricules, à la suite de la contraction auriculaire. Ce quatrième bruit a une basse fréquence et une assez haute amplitude. Son audition est normale chez le Cheval.

Deuxième bruit. Figuré par les sons "ta" ou "doup", il dure 0,08 à 0,13 seconde avec une fréquence de 31 à 91. Il est mieux entendu par l'auscultation des aires de projection acoustique pulmonaire et aortique. Il est dû à la fois à la fermeture des valvules

sigmoïdes et semi-lunaires et au début d'ouverture des valvules auriculo-ventriculaires. Chez le cheval normal, l'auscultation ne peut distinguer la succession des deux bruits valvulaires et le deuxième bruit du coeur apparaît unique, non dédoublé.

Troisième bruit. Il s'agit d'un bruit de courte durée, de basse fréquence et faible, "boup", situé juste après le deuxième bruit, et mieux saisi par l'auscultation dans l'aire mitrale. Ce bruit, dû à la distension des ventricules et la vibration des valvules par le flot sanguin, est un bruit normal, audible chez quelques chevaux (dans 10 à 50 % des cas selon les auteurs).

En conclusion, il est possible d'entendre à l'auscultation les quatre bruits normaux du coeur chez certains chevaux : "baloup-ta-boup".
(Résumé et extraits de la Conférence de MM. FONTAINE et SEVESTRE, Alfort, 27-4-65).

Physiologiquement, le timbre et l'intensité des bruits varient selon l'état d'embonpoint, la finesse de la peau, la position du coeur, la forme du thorax. Les bruits sont généralement plus intenses au cours de l'exercice.

Anomalies physiologiques.

Nous englobons dans ce terme certains caractères inhabituels perçus à l'auscultation ou par d'autres méthodes, mais qui n'engendrent aucune diminution des qualités sportives et qui ne s'assortissent d'aucunes précautions particulières ni d'aucun

traitement. Nous voulons par là bien différencier des cardiopathies compensées qui sont parfois difficiles à suspecter au vu des performances.

J.R. HOLMES (28) ne cite-t-il pas le cas de chevaux présentant des extrasystoles auriculaires ou ventriculaires dont les performances étaient bonnes à satisfaisantes. Il n'en demeure pas moins qu'elles doivent être, pour le vétérinaire, un signal d'alarme à ne pas négliger.

. La première de ces anomalies physiologiques est le bloc auriculo-ventriculaire partiel. A l'auscultation, il se manifeste par l'absence des deux bruits normaux, ce qui permet quelquefois une meilleure audition du quatrième ; à l'électrocardiogramme, par l'absence du complexe Q.R.S. Il se produit généralement à intervalle régulier, de 1 fois sur 3 à 1 fois sur 8. Son étiologie probable est un tonus vagal important sur un cheval en bonne condition. Il doit disparaître après un léger exercice. On peut voir, grâce à l'électrocardiogramme, que ce bloc est généralement précédé d'un allongement de l'onde Pq, appelé phénomène de WENCHENBACH.

. La deuxième de ces anomalies consiste en un bruit supplémentaire ayant le caractère du souffle. Il est perceptible à la base du coeur et couvre d'ordinaire le premier bruit pour se prolonger, en diminuant d'intensité, durant le petit silence. Il traduit un léger rétrécissement aortique sans conséquence fâcheuse.

De même, un très léger souffle mitral, doux, situé juste avant le premier bruit, et dû à la vibration consécutive à la propulsion du sang dans le ventricule, par la contraction auriculaire, peut survenir indépendamment de toute cause pathologique. Il doit être distingué du souffle et du raclement diastolique du rétrécissement auriculo-ventriculaire.

Il peut d'ailleurs être confondu avec un autre souffle, non pathologique, très doux, de haute fréquence, séparé du premier bruit, mais occupant en décroissant progressivement, le petit silence : il est dû à une turbulence de la veine liquide, à des vibrations siégeant à proximité de l'anneau artériel, sans aucune lésion valvulaire.

L'électrocardiogramme.

a) Généralités.

Depuis plus d'un demi-siècle, de très nombreux auteurs se sont intéressés à l'électrocardiographie du Cheval. Malheureusement cette technique est encore insuffisamment standardisée et systématisée. Elle repose, en tous cas, sur un certain nombre de principes qu'il paraît utile de rappeler.

b) Principes. (13) (20)

L'électrocardiogramme consiste à enregistrer l'activité électrique du coeur. Ce courant d'action, commun à tout travail musculaire, produit un champ électrique. Les variations de ce

dernier sont mesurables à l'aide d'un galvanomètre dont les pôles sont reliés à des électrodes placées en des points déterminés du corps.

Chez l'Homme, l'interprétation de la courbe obtenue est possible si l'on admet un certain nombre d'hypothèses qui s'avèrent d'ailleurs acceptables dans la pratique.

1. Le corps humain constitue, vis-à-vis du champ électrique cardiaque, un lieu conducteur homogène.

2. Les effets de ce processus d'activation du coeur peuvent être assimilés à ceux d'un dipôle électrique se propageant à l'intérieur. Mais il faut que les électrodes soient suffisamment éloignées du coeur. C'est pratiquement le cas pour les dérivations des membres.

Cette notion de dipôle mérite elle-même d'être précisée. Le dipôle est un concept théorique. Il définit un système constitué de deux charges ponctuelles électriques, très proches l'une de l'autre, et de sens contraire.

Ainsi, l'onde de dépolarisation, issue du noeud sinusal, et matérialisée par ce dipôle instantané, se propage à travers tout le myocarde : successivement myocarde auriculaire droit, puis gauche, noeud A.V. (KEITH et FLACK), faisceau de Hiss, myocarde ventriculaire, de l'intérieur vers l'extérieur. Il agit donc comme une multitude de dipôles successifs. Ils peuvent être

caractérisés par des vecteurs dont la somme ΣV est, elle aussi un vecteur : on le nomme axe électrique du coeur. Il est possible de considérer séparément :

- l'axe électrique des oreillettes $\overrightarrow{AP}$
- l'axe électrique des ventricules $\overrightarrow{AQRS}$ (équivalent à l'axe électrique du coeur),
- l'axe électrique de l'onde de dépolarisation $\overrightarrow{AT}$. Celle-ci se propage, contrairement à ce que nous observons sur une fibre musculaire isolée, dans le même sens que l'onde de dépolarisation. Mais le pôle négatif du dipôle est vers l'avant.

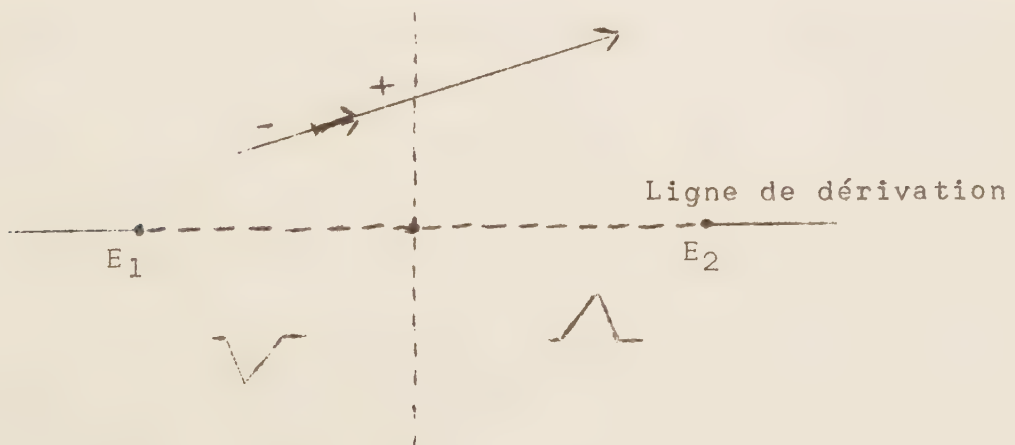
Nous avons admis que l'onde de dépolarisation pouvait être représentée par un vecteur. Dès lors, il paraît normal de choisir, pour les électrodes, des positions à la fois standardisées et permettant les calculs les plus aisés.

Le triangle équilatéral d'Einthoven répond à cette préoccupation. Mais il faut considérer, ce qui peut être admis pratiquement, que le coeur est situé au centre de ce triangle et suffisamment éloigné. Les trois électrodes sont placées sur les bras et sur la jambe gauche (la position importe peu puisque les membres jouent le rôle de conducteurs, la localisation utile se situant à la naissance des membres), soit sensiblement aux trois sommets du triangle. Les enregistrements se font successivement entre deux électrodes jouant le même rôle (D_1 , D_2 , D_3) : dérivation bipolaire, puis avec l'une des électrodes. L'autre garde alors un potentiel nul. Elle est nommée dérivation monopolaire.

L'intérêt du triangle d'Einthoven est le suivant :
les 3 axes D_1 , D_2 , D_3 sont équidistants du centre électrique : le
coeur. Aussi, les projections de l'axe électrique sur ceux-ci
sont à la même échelle. De ce fait, la lecture des enregistrements
permet la construction graphique de cet axe électrique.

Afin de comprendre la signification du sens de l'in-
flexion sur les graphiques, il faut noter que, pour les dériva-
tions monopolaires, l'électrode "voyant venir" le pôle $\oplus$ du
dipôle aura une déflexion positive et vice-versa.

En ce qui concerne les dérivations bipolaires, admet-
tons que le dipôle (l'onde de dépolarisation) se propage de E_1
vers E_2 . Tant que le dipôle est plus près de E_1 , la différence
de potentiel est négative, E_1 voyant fuir le vecteur ; quand le
dipôle est plus près de E_2 , la différence de potentiel est posi-
tive ; elle est sur la bissectrice de E_1E_2 .



Soit pour l'ensemble :



. Chez l'Homme sont utilisées couramment les électrodes précordiales. Elles sont monopolaires, mais placées suffisamment près du coeur pour enregistrer principalement l'onde de dépolarisation se propageant dans la portion immédiatement en regard de l'électrode (Electrode semi-directe, par comparaison avec les électrodes directes situées sur la paroi même du coeur).

L'analyse systématique des différents tracés obtenus permet de connaître le rythme cardiaque, de dépister toute anomalie de tracé en durée, en morphologie ou en amplitude, de construire graphiquement l'axe électrique du coeur, de calculer certains indices (LEWIS).

Les précordiales permettent de localiser certaines lésions du myocarde qui entraînent, généralement, un ralentissement de la conductibilité. Elles font aussi connaître avec précision le cheminement de la dépolarisation.

. Chez le Cheval, l'utilisation des dérivations précordiales semble très malaisée : d'une part les repères anatomiques sont peu précis. Or, ils sont très importants puisque de légères variations dans la position de l'électrode rendent le tracé ininterprétable.

d'autre part, l'importance des groupes musculaires, constitués par les pectoraux et les anconés, limite considérablement les territoires d'exploration.

. Par contre, les dérivations monopolaires et bipolaires sont couramment utilisées. Le choix de la position des électrodes varie avec les auteurs (9) :

-BRESSOU et ses collaborateurs utilisent celle des membres par analogie avec l'Homme. Cependant, dans ce cas, l'hypothèse d'Einthoven ne peut être applicable.

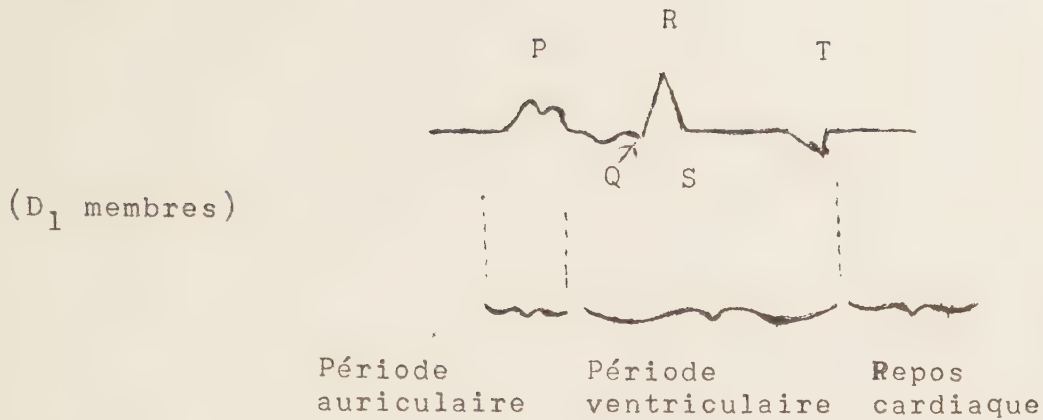
-Avec celle de DUBOIS, le coeur est bien au centre d'un triangle équilatéral. Mais les variations de direction de l'axe électrique ne sont guère visibles. En effet, elles se situent généralement dans un plan perpendiculaire.

-BLANCHARD, lui, travaille dans le plan sagittal : garrot-sternum - appendice xyphoïde. Dans ce cas, la détermination de l'axe électrique, dans le plan vertical, permet de connaître l'inclinaison du coeur par rapport à un plan horizontal. Cela peut donner une indication intéressante dans la recherche d'une hypertrophie unilatérale.

-La méthode de SEVESTRE, enfin, représente une synthèse de celles de DUBOIS et de BLANCHARD. Elle utilise quatre électrodes : EG, ED, G et X et semble intéressante pour des examens approfondis.

c) Tracé électrocardiographique du cheval normal.

. Le tracé électrocardiographique du cheval normal dépend des légères variations anatomiques rencontrées chez les différents individus. Il dépend aussi du choix des dérivations. Cependant, le schéma général reste le même.



- L'onde P est généralement bifide : cela provient du temps mis par l'onde de dépolarisation pour se propager du noeud sinusal au myocarde auriculaire gauche ;

- Le complexe QRS correspond à la dépolarisation des ventricules ;

- L'onde T correspond à leur repolarisation, celle des oreillettes correspondant à une légère déflexion dans l'intervalle PQ quand elle n'est pas masquée par l'onde QRS.

- L'intervalle ST représente la période de contraction ventriculaire au cours de laquelle le myocarde est dépolarisé.

- La fin de l'onde T marque la fin de la systole ventriculaire.

. De nombreux travaux ont visé à déterminer la durée et l'amplitude moyenne des différentes phases de l'activité électrique cardiaque (6), (15), (17), (46), (50), (53)

Onde P	: en moyenne 0,14 sec.	Ecart : 8-22/100e
Onde PQ	: 0,3 sec.	18-42
Complexe QRS	: 0,11 sec.	limite imprécise
Intervalle QT	: 0,50 sec.	26-60
Onde T	: 0,17 à 0,20 sec.	

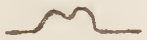
Les durées moyennes, enregistrées par les différents auteurs, sont assez voisines pour les intervalles QRS et QT. Au contraire, elles s'écartent assez sensiblement dans la mesure de P et PR. Il est difficile de déterminer les causes exactes de ces variations.

Ces durées varient d'ailleurs en fonction du rythme cardiaque. JANNEK et RUTQUIST ont établi une relation entre celui-ci et l'intervalle QT.

$$QT = (62,41 - 0,35) \pm 3,43$$

. L'analyse morphologique des tracés est très malaisée. En effet, la polarité, l'amplitude et la forme des déflexions varient avec les techniques de dérivations.

Nous avons résumé, dans le tableau ci-dessous, l'allure générale des ondes PQRS et T pour la dérivation des membres (technique employée pour nos expériences personnelles).

	P	Q R S	T
D ₁	 à nulle		
D ₂	 ≈ 100 %	souvent croche- tée  Constante	Souvent : 
D ₃	Généralement:  Rarement : 		Généralement :  Souvent : 
AVR		 Parfois : 	Toutes les formes possibles 
AVL	 En fait, toutes les possibilités	 ou 	Généralement 
AVF	Généralement 	 ou 	 ou 

ELECTROCARDIOGRAMME D'EFFORT

L'étude téléométrique de l'électrocardiogramme du Cheval a permis une bonne approche des modifications électriques du coeur dues à l'effort (3), (4), (6), (19).

L'étude réalisée à Alfort (4) porte sur 31 chevaux d'âge et de race variés, tous aptes à leurs services. Elle est établie selon un même protocole pour tous les chevaux : enregistrement au repos (après 10 minutes de calme), après une minute de pas, puis une minute de trot en main, enfin 10 minutes de trot. Ainsi qu'après 5 et 10 minutes durant le retour au calme.

Variations de la période π .

Au repos, la période est généralement stable, voisine de 1,70 s, déviation standard de 0,21 s ; l'arythmie respiratoire n'est pas rare, mais apparemment sans conséquence sportive, pas plus que la tachycardie émotive.

Le pas modifie extrêmement peu la période (valeur moyenne : 1,55 pour une déviation standard de 0,25 s après deux minutes de pas).

Après une minute de trot en main, la période est généralement stable aux alentours de 1 s (déviation standard de 0,31 s). Mais l'étude des cas individuels montre des adaptations cardiaques très variables selon les sujets.

Le trot prolongé en liberté pendant 10 minutes permet de constater une valeur moyenne de la période de 0,84 s et d'une déviation standard seulement de 0,19 s.

Après 3 minutes de repos, la valeur moyenne de la période est de 1,20 s. (déviation standard de 0,14).

Après 10 minutes, elles sont respectivement de 1,40 s et 0,17 s. Les auteurs font remarquer que la récupération fut particulièrement rapide pour un jeune anglo-arabe de 4 ans considéré comme ayant de bonnes aptitudes sportives.

Variations de l'onde P.

a. Durée.

. La valeur moyenne de P au repos est de 0,17 s pour une déviation standard de 0,02 s.

. Elle varie à peine après 2 minutes de pas (0,16 s).

. Après 1 minute de trot, la valeur moyenne est de 0,14 s pour une déviation standard de 0,03 s.

. Après 10 minutes de trot, elle atteint 0,12 s (déviation standard = 0,03). Les auteurs notent que l'on répartit les sujets en trois groupes, en fonction des résultats obtenus après une minute de trot.

1) $\pi \gg 1$ et $P > 0,15$, soit 11 observations

2) $\pi \leq 1$ et $P \leq 0,15$, soit 14 observations

3) $\pi > 1$ et $P < 0,15$, soit 3 observations

"L'examen des électrocardiogrammes du groupe 2 montre des signes nets d'activation émotive. Les groupes 1 et 3 correspondent à une adaptation sinusale du rythme".

b. Forme et amplitude.

. Au repos, l'onde P a une forme de M aux sommets acuminés. Il peut exister une triplification par dédoublement de P_1 que les auteurs ont rencontré sur de très bons chevaux de concours complet et qu'ils estiment correspondre à un gros coeur sportif, entraîné aux efforts prolongés. Par contre, le dédoublement de P_2 est pathologique.

. L'activation d'effort se traduit par l'émoussement des sommets.

. A partir de $\pi \leq 1$ s, P_2 tend à migrer vers P_1 jusqu'à la fusion lorsque la période continue de diminuer ; l'onde P a alors un aspect en arche caractéristique.

. "Durant la récupération, les deux ondes P_1 et P_2 conservent leur aspect émoussé après 5 minutes de repos, l'aspect pointu ne réapparaissant qu'après 10 minutes de repos".

. L'amplitude fluctuante de P_1 rencontrée parfois, par suite de la migration du pace-maker, a été observée dans cinq cas sur des sujets dont les aptitudes sportives sont moyennes ou médiocres.

Ce trouble est lié à une perturbation vagotonique du fonctionnement sinusal .

- . Les variations d'amplitude en fonction de l'effort n'offrent pas d'uniformité suffisante pour être significative.

Variations de l'intervalle PQ.

- . La valeur moyenne de repos est de 0,38 s ($\sigma = 0,07$ s).
- . Elle se raccourcit légèrement pour deux minutes de pas (0,34 ; $\sigma = 0,08$).
- . Elle atteint une valeur d'emblée minimale pour une minute de trot (0,27 s ; $\sigma = 0,06$), qui reste ensuite inchangée.
- . Le retour à la valeur de repos est rapide.

"En général, la durée de PQ est stable et reflète le tonus vagal du sujet. Elle diminue précocement et réaugmente vite après l'effort". Mais il peut exister des variations cycliques de la durée de PQ liée à l'apparition des blocs auriculo-ventriculaires (phénomène de Wencheboch) ou due à une arythmie respiratoire.

L'onde Ta

L'onde Ta de repolarisation auriculaire provoque parfois une déflexion apparente du segment PQ chez le cheval au repos ; elle prolonge généralement l'onde P_2 ou apparaît après un court délai ; une repolarisation trop tardive traduisant une surcharge hémodynamique auriculaire.

Variations de la systole électrique QT

La systole électrique représente la durée totale de dépolarisation puis de repolarisation ventriculaire. On peut la relier à la période définissant ainsi la systole électrique corrigée.

$$QT_c = \frac{QT}{\sqrt{A}}$$

- . Au repos, la valeur moyenne de QT est de 0,52 s ($\sigma = 0,03$ s)
- . Dès l'activation, QT tend à se raccourcir pour atteindre 0,34 s après 1 minute de trot ($\sigma = 0,03$ s) ; elle varie peu après 10 minutes de trot (0,33 ; $\sigma = 0,04$ s).
- . Durant le retour au calme, la systole électrique tend à reprendre rapidement les valeurs de repos. Après 5 minutes, QT = 0,49 s et après 10 minutes, 0,51 s ($\sigma = 0,04$ s).

Le calcul de QT_c met bien en évidence le fait que lors de l'adaptation à l'effort, le raccourcissement de QT précède l'accélération de la fréquence, ce qui n'est pas le cas lors de tachycardie émotive où l'on note un accroissement de la systole électrique pouvant aller jusqu'à 0,50 s.

Lors du retour au calme, QT_c est élevé, traduisant un allongement plus rapide de la systole électrique que l'allongement de la période. Par contre, au cours d'un effort prolongé QT_c tend à reprendre sa valeur d'équilibre ($QT_c = 0,39$ s).

Variations du complexe rapide QRS.

Les variations de durée du complexe QRS sont faibles puisqu'elles passent de 0,12 s, valeur de repos, à 0,10 s, après une forte activation. Fréquemment, d'ailleurs (55 % des cas examinés par les auteurs), il n'y avait aucune variation sans qu'il y ait de corrélation avec l'aptitude sportive des chevaux.

L'aspect et l'amplitude du complexe QRS dans le système de dérivation considéré (X-G ; X-ED ; X-EG) sont variables ; mais d'une façon générale, Q est négatif ou nul, R positif, S négatif. Leur étude offre avant tout un intérêt vectocardiographique.

Variations de ST et T.

"L'étude des phénomènes de repolarisation montre l'extrême variabilité du segment ST et de l'onde T chez le Cheval". Les auteurs ont mis en évidence 9 formes d'onde T, associées au segment ST dont nous reproduisons ici intégralement les tracés et l'interprétation.

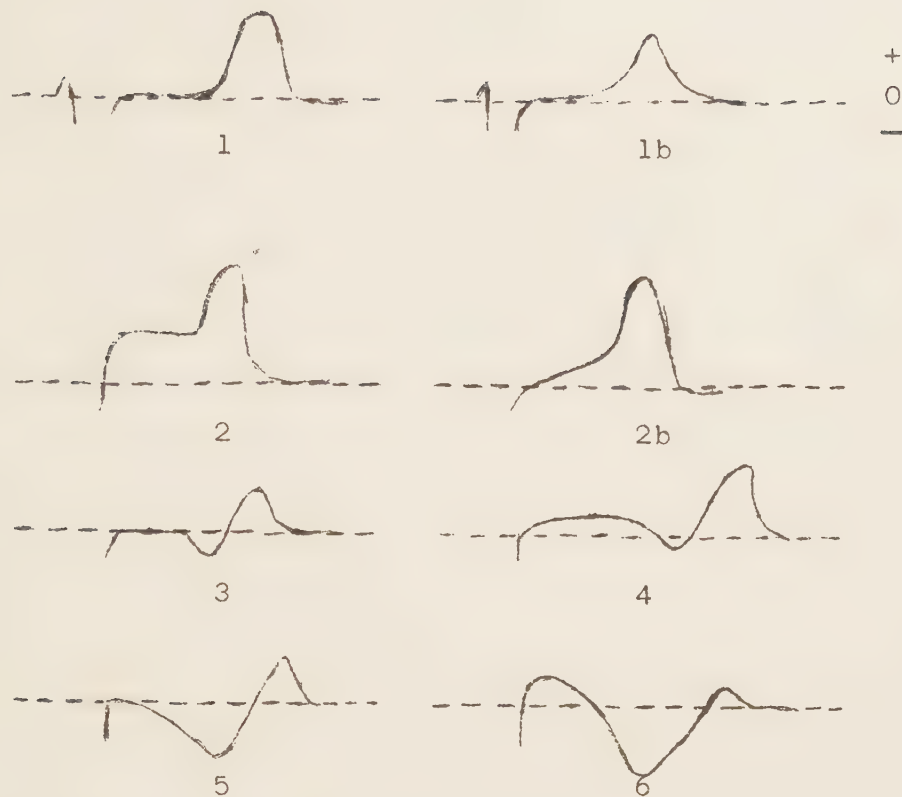
Le type 1 est caractérisé par un segment ST isoélectrique terminé par une onde T positive, d'amplitude généralement élevée, à aspect arrondi (en voûte romane). Le type 1b, rare, diffère du type 1 par l'aspect acuminé (en voûte gothique ou en toit de pagode) de l'onde T ; signalons que cet aspect pointu de T passe chez l'homme pour significatif d'une anoxie myocardique mais il serait abusif de lui donner, par principe, une telle interprétation chez le cheval.

Le type 2 est caractérisé par un segment ST plat mais non isoélectrique terminé par une onde T positive monophasique retournant à la ligne isoélectrique. La même remarque s'applique à ce type, qu'au type 1b. Le type 2b est caractérisé par un segment ST infléchi vers le sens de l'onde T qui est positive. Cet aspect s'observe généralement dans les tachycardies de fréquence élevée (supérieure à 70/minute).

Le type 3 est caractérisé par un segment ST initialement isoélectrique puis s'infléchissant progressivement vers le négatif. L'onde T débute brusquement ; elle est formée par un segment linéaire (T_1) qui peut, soit se terminer sans transaction au niveau de l'axe isoélectrique, soit franchir cet axe pour former une petite onde T_2 positive.

Le type 3b ne diffère de 3 que par la faible amplitude de T_1 et T_2 et l'incurvation sigmoïde du front ascendant entre T_1 et T_2 .

Le type 4 est semblable au type 3 mais le segment ST n'est pas isoélectrique ; il forme une concavité régulière, faiblement positive avant de se défléchir vers la négativité et de se terminer par une onde T en arche positive.



Formes de l'onde T relevées chez le cheval.

Le type 6 est semblable au type 5 mais le point d'inflexion est fortement positif, si bien que le segment ST est d'abord positif puis négatif.

L'aspect de ST et T ne semble propre ni à l'individu, ni à l'état d'activation. L'évolution du tracé de l'un vers l'autre est souvent très rapide, ce phénomène étant particulièrement net après une minute de trot car l'aspect de la repolarisation change complètement durant la minute d'observation qui lui fait suite.

L'aspect 1 s'observe durant les tachycardies émotives, à l'installation d'une tachycardie d'effort, et durant le retour au calme. L'aspect 1b est une variante dont la signification devra faire l'objet d'études ultérieures. L'aspect 2 est une forme transitoire précédant l'aspect 2b. Il est possible qu'il traduise une courte phase d'anoxie myocardique durant l'adaptation du coeur à l'effort. L'aspect 2b s'observe durant les tachycardies émotives ou d'effort à fréquence élevée. Les aspects 1, 1b, 2, 2b semblent pouvoir être reliés à un état de sympathicotonie. Leur apparition est brutale. Le dépouillement des enregistrements magnétiques montre que la transition entre l'aspect initial et l'apparition d'une de ses formes, se fait en une seule contraction. Il suffit simplement que le cavalier s'approche pour monter en selle pour que cette évolution apparaisse, tandis que la période se raccourcit souvent d'une façon très fugitive (4,5 contractions accélérées puis retour au rythme de repos).

L'amplitude de l'onde T de ces quatre formes peut atteindre 3,5 mV. Elle est généralement comprise entre 0,50 et 1,50 mV.

L'onde 3b n'est observée que dans les activations d'efforts. Elle semble correspondre à un état d'équilibre d'effort comme les ondes 1 et 2b.

Les ondes 4, 5, 6 sont observées au repos ou durant le retour au calme. Elles semblent correspondre aux formes d'équilibre de l'onde T au repos.

La forme 3 est une forme de transition. Au repos, on l'observe sur des chevaux ayant eu une légère activation émotive et dont le rythme se ralentit.

Les types 3, 3b, 4, 5, 6 résultent de la conjonction de deux mécanismes décalés dans le temps. La dénivellation de ST et le front descendant de T_1 correspond au début progressif de la repolarisation cellulaire. Le front ascendant joignant T_1 à T_2 correspond à la propagation de la repolarisation rapide dans la masse myocardique. Il est donc probable que le phénomène à l'échelle cellulaire ne présente pas chez le cheval de plateau de dépolarisation.

Conclusion : Adaptation à l'effort.

Selon les auteurs : "l'adaptation à l'effort peut se faire selon trois modalités : une progressive avec accélération du rythme, une d'emblée maximale qui suit le mécanisme de la tachycardie émotive, une troisième caractérisée par un remaniement des tracés vers un nouvel équilibre.

L'adaptation progressive se traduit par une accélération modérée de la fréquence sinusale. L'onde P s'émousse légèrement. L'intervalle PQ et la systole électrique se raccourcissent. L'onde T conserve son type initial mais change d'amplitude sur T_1 et T_2 .

L'adaptation maximale lui fait suite. L'onde P devient monophasique. L'onde T prend l'aspect monophasique (1, 1b, 2, 2b) dans son amplitude maximale, comme dans la tachycardie émotive.

Il y a ensuite réorganisation du tracé électrique de repolarisation. T diminue l'amplitude et prend alors durant tout l'effort l'aspect 1 avec une amplitude inférieure à + 0,50 mV ou 3b. Il semble qu'il y ait là adaptation à l'effort et "économie" dans la repolarisation.

L'apparition de l'aspect 2 ou 1b pourrait caractériser comme chez l'homme une anoxie transitoire du myocarde durant son adaptation à l'effort.

Des études ultérieures seront nécessaires afin de préciser s'il existe une corrélation entre l'aptitude sportive et le type d'adaptation observé, mais aussi quelle est la signification exacte des aspects anoxiques."

VECTOCARDIOGRAMME

La vectocardiographie se propose de matérialiser le cheminement de l'onde de dépolarisation parcourant le myocarde auriculaire puis ventriculaire à partir du noeud sinusal. Cette concrétisation peut être réalisée par un vecteur unique, résultant de la somme $\sum \vec{V}$ de tous les vecteurs instantanés matérialisant l'onde de dépolarisation ; on le nomme axe électrique ($\vec{AP}$ = axe électrique auriculaire ; $\vec{AQRS}$ = axe électrique ventriculaire). Cet axe s'obtient par construction géométrique à partir de tracé électrocardiographique, pourvu que les dériviations choisies satisfassent à l'hypothèse d'Einthoven. Mentionnons ici les résultats obtenus notamment par CONQUET (13 bis) travaillant sur les tracés fournis par les dériviations de SEVESTRE.

L'axe électrique fait un angle de 5° à gauche (variations de -15 à $+15$) avec le plan vertical et un angle de 35° vers le haut (de -10 à $+15$) avec le plan horizontal.



Notons que les données anatomiques sont différentes : 30° vers la droite et 60° vers le haut ; mais il ne faut pas oublier que le coeur fait une rotation sur lui-même lors de la contraction.

Mais il est également possible de considérer les renseignements apportés par deux dérivations et de construire, point par point, une courbe matérialisant les phénomènes électriques cardiaques. Techniquement, ce tracé peut être réalisé instantanément par un oscillographe.

Cette technique est d'application récente et nécessite un matériel important et coûteux, mais elle offre des perspectives nouvelles à l'exploration cardiaque et notamment en médecine sportive.

A notre connaissance, peu de travaux ont encore été publiés ; citons ceux de HOLMES (29) (30) et ceux réalisés à Alfort par BARON, BORDET, RUET et SEVESTRE (4). Mais il semble qu'un peu de recul soit encore nécessaire avant d'en tirer de réelles conclusions pratiques. Aussi nous contenterons-nous d'en faire mention.

TENSION ARTERIELLE

On est en droit de s'étonner de ce que la mesure de la tension artérielle ne soit pas pratique courante chez l'animal, comme elle l'est chez l'homme. Plusieurs raisons peuvent l'expliquer chez le cheval.

. Les notions d'hypotension et d'hypertension ne s'imposaient pas a priori, car aucun trouble d'étiologie imprécise n'évoquaient une éventuelle perturbation tensionnelle.

. De plus, lors des premiers travaux, les techniques de mesure indirecte de la pression artérielle étaient loin de présenter la précision et la facilité d'utilisation qu'elles avaient chez l'homme.

. Enfin le caractère résolument économique de notre médecine éloignait nombre d'affections chroniques du champ d'action du praticien ; or c'est précisément dans ce domaine que l'examen tensionnel pouvait se révéler utile.

CARRAUD, dans sa thèse (12) a expérimenté le tensiommètre électronique COMET ; il s'agit d'un oscillomètre du même type que le classique appareil de Pachor. Les résultats, basés sur un effectif d'une centaine de chevaux de tous âges, sexes et races, sont les suivants :

- . pression systolique : 140 mm Hg (de 130 à 145).
- . Pression moyenne : 95 mm Hg (de 90 à 105).
- . Pression diastolique : 75 mm Hg (de 65 à 80).

Il fit également l'étude de l'influence des exercices musculaires et de l'état de fatigue sur la tension artérielle.

1) Exercice musculaire modéré.

"Les mesures ont été effectuées au terme d'une reprise d'une heure en manège, au cours de laquelle les animaux étaient soumis surtout à du trot.

Les pressions enregistrées ont été les suivantes :

Avant exercice :	P. maxi.	P. moy.	P. mini.
Animal n° 1	135	90	60
Animal n° 2	140	95	70
Animal n° 3	130	95	70
Animal n° 4	135	90	70
Animal n° 5	140	95	70

Immédiatement après l'exercice :

Animal n° 1	170	130	80
Animal n° 2	190	140	110
Animal n° 3	175	145	80
Animal n° 4	180	130	115
Animal n° 5	180	130	100

Récupération après 10 minutes :

Animal n° 1	140	95	65
Animal n° 2	155	105	85
Animal n° 3	140	100	75
Animal n° 4	145	95	95
Animal n° 5	150	95	80

Cette expérience mérite quelques commentaires :

1. tout exercice musculaire même modéré entraîne une augmentation importante des pressions systoliques, moyenne et diastolique, accompagnée d'un léger accroissement de la pression différentielle ;
2. l'importance de l'augmentation de la pression artérielle paraît sans rapport direct avec l'importance de l'exercice effectué. Il semble même qu'une certaine part de conditionnement intervienne dans cette hausse du niveau tensionnel à tel point que le simple fait de sangler l'animal et de le conduire au manège suffit à augmenter la pression artérielle ;
3. pendant toute la durée de l'exercice, le niveau tensionnel se maintient constant ;
4. le retour au niveau tensionnel initial est très rapide (de 5 à 15 minutes environ).

2) Etat de fatigue musculaire.

Sous cette désignation générale sont englobés, outre les états résultants d'efforts excessifs, tous les syndromes caractérisés par une diminution du potentiel d'activité de l'organisme, accompagnée d'une baisse des capacités réactionnelles vis-à-vis des sollicitations habituelles. Ces états se traduisent par différents troubles fonctionnels, et en particulier par des anomalies de la formule tensionnelle.

Les mesures mentionnées dans le tableau ci-dessous ont été réalisées après une heure de galop soutenu en extérieur :

Avant exercice :

	P. maxi.	P. moy.	P. mini.
Animal n° 1	135	85	65
Animal n° 2	140	80	60
Animal n° 3	145	95	75
Animal n° 4	135	90	75
Animal n° 5	130	105	80

Immédiatement après l'exercice :

Animal n° 1	165	95	50
Animal n° 2	160	90	50
Animal n° 3	170	110	80
Animal n° 4	165	95	55
Animal n° 5	175	105	70

Vingt minutes après l'exercice :

Animal n° 1	145	95	55
Animal n° 2	150	85	50
Animal n° 3	150	95	80
Animal n° 4	140	90	60
Animal n° 5	135	110	85

L'analyse de ces chiffres laisse apparaître deux types de variations tensionnelles :

Les formules tensionnelles des animaux n° 3 et n° 5 sont comparables en tous points aux formules mentionnées dans le paragraphe précédent. De plus, le retour rapide au niveau tensionnel initial et l'état de "fraicheur" de ces deux chevaux à l'issue de l'exercice montrent bien que dans ces deux cas, on ne peut parler de véritable fatigue.

Les formules tensionnelles des animaux n° 1, n° 2 et n° 4 apparaissent en revanche sensiblement différentes ; elles sont en effet caractérisées par :

- une pression moyenne plus proche de la pression moyenne de base ;
- et surtout par une pression minimale qui est inférieure à la pression minimale de base.

Il en résulte finalement une forte augmentation de la pression différentielle (110 à 115 mm de Hg).

Parallèlement, la "récupération" de ces animaux est apparue moins satisfaisante.

Cette expérimentation est évidemment insuffisante pour conclure d'une façon générale, mais il semble bien que l'existence de formules tensionnelles de ce type constitue un indice appréciable d'un état de fatigue."

TEMPS DE CIRCULATION

La mesure du temps de circulation, peu utilisée semble-t-il chez l'animal, encore que de nombreux travaux aient été réalisés dès le début de ce siècle, paraît pourtant avoir un grand intérêt clinique, car elle est un signe très précoce de l'insuffisance cardiaque et un test précieux dans son évolution. De plus, elle offre le plus grand intérêt dans l'estimation de l'efficacité d'une thérapeutique.

BOUCHARD, dans sa thèse (8), expérimente sur le cheval, la méthode de mesure du temps de circulation à l'aide de la lobéline (T.C.L.). Il est admis que cet alcaloïde exerce une action eupnéique dont le point de départ est le sinus carotidien (plexus carotidien chez le cheval), le centre respiratoire (ou tussigène chez l'homme), est excité d'une manière réflexe par l'intermédiaire des zones dites carotidiennes. L'injection se faisant, chez le cheval, à la jugulaire, le T.C.L. mesure le temps mis par le sang à accomplir le trajet : veine jugulaire - bifurcation de la carotide primitive, en passant par le coeur droit, le poumon et le coeur gauche.

Il utilise de la lobéline "Ingelheim" dosée à 1 cg/cm³ et présentée en ampoules de 10 cc. Le sujet est pesé, mis à jeun et au calme pendant trois heures.

La dose de lobéline utilisée est de 14 mg/100 kg, dose qui peut être augmentée apparemment sans danger. L'injection est faite à la jugulaire au lieu d'élection classique, et doit être poussée le plus rapidement possible. Le temps "zéro" est celui du début de l'injection. Le chronomètre est arrêté au moment où apparaît un violent et anormal soulèvement du cercle de l'hypocondre, marquant le début de la polypnée. En cas d'incident, l'opération peut être répétée sans inconvénient 10 minutes plus tard.

Le T.C.L. des sujets apparemment sains varie de 15 à 35 secondes, avec une moyenne de 27 secondes. Notons toutefois que 40 % des sujets situaient leur T.C.L. entre 22 et 27 secondes.

Les causes principales de cette dispersion relativement importante sont tout d'abord le comportement et le caractère de l'animal qui déterminent des réactions imprévisibles, malgré le protocole rigoureux. Aussi les cas limites réclament-ils une autre expérimentation. L'état d'engraissement, le tonus réglant la tension artérielle ont également leur influence.

Il est remarquable de noter que ce sont les chevaux ayant subi un entraînement de course qui ont fourni le T.C.L. le plus court : entre 15 et 25 secondes. Mais est-ce dû à leur carrière ou au fait qu'ils sont généralement des neurotoniques ?

Les variations d'une expérience à l'autre, pour un même cheval, ne dépassent habituellement pas 5 secondes.

Toujours selon BOUCHARD, le T.C.L. chez les cardiaques compensés (mesures effectuées sur 23 chevaux) est compris entre 17 et 29 secondes, avec une moyenne de 23 secondes, donc pratiquement comparables aux résultats obtenus chez les chevaux sains, ce qui d'ailleurs ne paraît pas illogique. Par contre, les résultats dépassent tous 35 secondes chez les cardiaques décompensés.

A priori, la connaissance de la vitesse de circulation sanguine, à des fréquences cardiaques variées, devrait également fournir des renseignements intéressants, mais un protocole d'étude semble délicat à mettre sur pied ; aussi la mesure du temps de circulation paraît-elle actuellement de peu d'intérêt en médecine sportive.

HEMATOLOGIE

La numération et l'étude morphologique des éléments figurés du sang est une investigation relativement facile à mettre en oeuvre. Il est donc logique de s'interroger sur leurs modifications éventuelles consécutives aux efforts physiques et à l'entraînement.

De nombreux travaux (7) ont été réalisés d'une part pour déterminer les constantes hématologiques du cheval normal, d'autre part pour tenter de dégager des critères de forme, aussi bien que de méforme. Nous en étudierons les plus récents.

1. Formule sanguine du cheval normal.

Il est nécessaire, pour l'interprétation des résultats, de savoir que le degré de "sang" du cheval influe sur la valeur moyenne de certains éléments figurés, et notamment celle des érythrocytes.

Nous reproduisons ici les valeurs publiées par O.W. SCHALM (47). Elles correspondent sensiblement aux valeurs communément admises.

	PUR-SANG (basé sur 40 examens)		DEMI-SANG et TRAIT d'après la littérature	
	Valeurs extrêmes	Valeur moyenne	Valeurs extrêmes	Valeur moyenne
<u>Série erythrocytaire</u>	(en millions/mm ³)			
Erythrocytes	6,5-12,5	9,5	5,5-9,5	7,5
Hémoglobine	11,0-19,0	15,0	8,0-14,0	11,5
Valeur des G.R. obtenue par hématocrite = P.C.V.	32 %-52 %	42 %	24 %-44 %	35 %
<u>Série leucocytaire</u>	(nombres absolus par mm ³ = valeurs extrêmes = 2 déviations standard)			
Leucocytes	5 500-12 500	9 000	6 000-12 000	8 500
Neutrophiles	2 700- 6 700	4 700	-	-
Lymphocytes	1 500- 5 500	3 500	-	-
Monocytes	0 - 800	400	-	-
Eosinophiles	0 - 925	375	-	-
Basophiles	0 - 170	50	-	-
Pourcentage (d'après la littérature).				
Neutrophiles	30-65	49	35-75	54
Lymphocytes	25-70	44	15-50	35
Monocytes	0,5-7	4	2-10	5
Eosinophiles	0-11	4	2-12	5
Basophiles	0-3	0	0-3	0

2. Erythrocytes.

Le tableau précédent indique une différence moyenne de 2 000 000 de globules rouges au millimètre cube, selon qu'il s'agit de pur-sang, de demi-sang, voire de chevaux de trait. Ces résultats pourraient paraître en partie influencés par l'activité exclusivement sportive des pur-sangs. Mais des analyses faites sur des poulains, des juments à l'élevage, des étalons infirment cette

hypothèse. Il est donc très important d'en tenir compte, notamment lorsque l'on a la surveillance d'une population hétérogène, comme c'est le cas chez les chevaux de selle.

Un pur-sang, à 9 000 000 de globules rouges par millimètre cube, est en deçà de la moyenne alors qu'un demi-sang approche du taux maximum.

Ces valeurs sont celles obtenues pour le cheval au repos, et dans des conditions normales. Les erreurs inhérentes aux méthodes de numération sont de l'ordre de 15 %. L'hémoconcentration venant, par exemple, d'un abreuvement insuffisant, conduit à une numération trop élevée.

Mais il faut savoir qu'une réserve importante de globules rouges est stockée dans la rate (de l'ordre de 1/3). Elle est mobilisée par l'adrénaline, soit que celle-ci soit injectée, soit qu'elle soit sécrétée par l'organisme à la suite de forte émotion ou d'un effort intense. Chez le cheval au repos, le volume de globules rouges obtenu par hématocrite (Packed cell volume = P.C.V.) oscille entre 36 et 43 %. Quinze minutes après un exercice musculaire suffisamment intense, il atteint 50 à 56 %, ce qui correspond à une augmentation moyenne de 40 %.

Des mesures faites avant et après travail sur un cheval splenectomisé (SCHALM (47) montrent que cette réserve se situe quasi exclusivement dans la rate.

Ces deux remarques étant faites, que peut-on attendre de la numération globulaire ou de l'hématocrite pour la surveillance de l'entraînement ? Nous savons que les athlètes, habitant et s'entraînant en haute altitude, font preuve d'une remarquable aptitude dans les épreuves de fond. Ce fait a toutes les raisons de résulter d'une forte teneur sanguine en globules rouges. En effet, comme nous l'avons remarqué précédemment, la production d'énergie pour les efforts prolongés (supérieurs à 10 minutes) dépend essentiellement de réactions aérobies, donc indirectement de la capacité respiratoire et cardio-vasculaire. Le transport d'oxygène des poumons aux organes est réalisé principalement par les globules rouges dont l'hémoglobine est le fixateur. Et ce transport sera d'autant plus important que le nombre d'érythrocytes et d'hémoglobine l'est également.

En ce sens, la numération rouge et l'hématocrite donnent des indications précieuses sur l'état de forme des sujets, à condition bien sûr de connaître leur valeur moyenne. Ces prélèvements doivent donc être répétés en sachant que de brusques diminutions sont possibles. Ce phénomène a été, par exemple, enregistré pour tous les chevaux olympiques, à la suite du voyage de Font-Romeu à Mexico, et a correspondu à une importante baisse de forme (5).

Enfin, selon IRVINE (31), les meilleures performances de fond sont obtenues par des chevaux présentant un P.C.V. de repos faible (moyenne : 35) et une augmentation de l'ordre de 60 % après un stress (moyenne : 56). Une telle mesure nécessite parfois chez

les chevaux anxieux l'administration préalable de tranquillisants afin de ne pas fausser la valeur du P.C.V. de repos.

3. Hémoglobine.

Cette macromolécule possède la remarquable propriété de se combiner très facilement à l'oxygène, lorsque sa tension est élevée, et de le libérer tout aussi aisément dans les zones où la tension en oxygène est basse, c'est-à-dire pratiquement dans les tissus où la demande se fait sentir.

Aussi, certains auteurs préfèrent-ils porter leur attention sur la mesure de l'hémoglobine plutôt que sur celle des globules rouges.

Ainsi, PERSSON (45), s'appuyant sur le fait (vérifié chez l'homme par HOLINGEN et ASTRAND) que les différentes constantes telles que le taux d'hémoglobine, volume cardiaque, volume sanguin total, ainsi que les capacités fonctionnelles comme la fréquence cardiaque maximale et la capacité maximale de la pompe cardiaque, sont du même ordre de grandeur, émet alors l'hypothèse qu'il est possible, a priori, de choisir l'un quelconque de ces éléments pour déterminer le degré d'adaptation à l'exercice physique d'un individu.

En réalité, nous pensons qu'il serait bien imprudent de s'en tenir à une telle conception ; et d'ailleurs, ce n'est certainement pas dans l'esprit des auteurs qui notent que le "pre-

mier effet de l'entraînement, tout au moins chez les jeunes chevaux de course, consiste en une augmentation de la capacité de transport d'oxygène plutôt qu'une augmentation effective du volume circulatoire."

Chacun sait, par ailleurs, que l'emphysème pulmonaire provoque une augmentation notable du taux d'hémoglobine, sans pour cela augmenter les possibilités sportives de l'individu.

Cependant, l'hémoglobine est un élément particulièrement intéressant pour l'estimation de la forme d'un cheval, surtout lorsque, comme l'a fait PERSSON, son taux n'est pas rapporté à un volume sanguin, mais au poids corporel de l'animal. Une telle estimation nécessite la mesure de deux données supplémentaires : le poids corporel et le volume sanguin total (par la méthode colorimétrique au bleu d'Evans) qui ont d'ailleurs toutes deux un intérêt en elles-mêmes.

Afin de tenir compte de la réserve contenue dans la rate, le prélèvement de sang est précédé d'un effort suffisamment intense pour provoquer la contraction de la rate. D'après PERSSON, un tel effort devra provoquer une fréquence cardiaque supérieure à 100 battements par minute, encore une minute après la fin de cet effort.

Il est également possible de précéder cette prise de sang d'une injection intra-veineuse d'adrénaline ; quoique l'expulsion ne soit pas absolument complète, les résultats sont cependant comparables avec la méthode précédente.

L'interprétation doit tenir compte de l'âge, du sexe, du degré de sang ; les valeurs statistiques établies par PERSSON sont consignées dans les deux tableaux suivants.

TABLEAU I - Valeurs moyennes et déviations standard des rapports Volume sang total/poids corporel et hémoglobine totale/poids corporel en fonction de l'âge et du sexe chez des trotteurs cliniquement normaux.

Groupe	Nombre	Vol sang total Poids corporel (ml/kg)	Hb totale Poids corp (g/kg)
2 ans ♀ + ♂	21	104 ± 6	17,6 ± 1,4
3 ans ♀ + ♂	47	114 ± 10	20,4 ± 2,4
4 ans ♀ + (♂) + 4 ans ♂	63	123 ± 11	23,1 ± 2,8
5 ans ♂	28	139 ± 9	28,3 ± 1,9

TABLEAU II - Valeurs moyennes et déviations standard du volume plasmatique, du volume sanguin total et de l'hémoglobine totale rapportés au poids corporel en fonction du degré de sang ou du service de quatre groupes de chevaux.

Degré de sang ou service	Nbre	Vol plasm Pd corp (ml/kg)	Vol sq tot Pd corp (ml/kg)	Hb totale Pd corp (g/kg)
Chevaux Nord Suédois	10	45,5 ± 5,3	87,3 ± 9,3	13,6 ± 1,6
Chevaux de selle	18	53,1 ± 4,9	116,0 ± 9,4	20,3 ± 2,3
Trotteurs	159	53,1 ± 4,9	120,9 ± 14,1	22,6 ± 3,9
Pur-sang	19	53,1 ± 4,9	142,1 ± 13,9	29,2 ± 3,0

Il est intéressant de noter (tableau ci-dessous) que chez les jeunes trotteurs de deux ans, c'est l'entraînement qui influe le plus sur l'augmentation de l'hémoglobine, alors que le volume sanguin dépend avant tout du poids corporel.

TABLEAU III - Coefficients de corrélation entre le volume total sanguin et l'hémoglobine totale selon le degré d'entraînement (en mois), l'âge (en mois) et le poids (en kg)

!	! Vol. sanguin total !	! Hémoglobine totale !	!
!	!	!	!
! Degré d'entraînement !	! 0,62 !	! 0,74 !	!
! Age !	! 0,48 !	! 0,53 !	!
! Poids !	! 0,67 !	! 0,52 !	!
!	!	!	!

Il est donc possible d'estimer le degré d'entraînement d'un cheval en comparant la valeur de son taux d'hémoglobine par unité de poids corporel par rapport à celle établie statistiquement pour sa classe d'âge, de sexe et de race, et cela sans qu'il ait été nécessaire de suivre le cheval tout au long de sa carrière.

Plus intéressante encore serait la détermination d'une relation entre les constantes sanguines et les performances. Pour le trotteur, on parle généralement de réduction kilométrique : il s'agit du temps mis à parcourir une certaine distance (par exemple celle de la course) divisé par cette distance en kilomètres.

Il est évident qu'elle dépend d'une foule de paramètres indépendants des constantes sanguines : conditions de course, adresse du driver, aptitude au trot de course, qui diminuent d'autant les possibilités de relation étroite. Pourtant PERSSON montre que cette relation existe à condition de tenir compte de la taille des chevaux en exprimant le taux d'hémoglobine par unité de poids.

Le coefficient de corrélation oscille entre 0,48 pour les trois ans et 0,65 pour les mâles de 4 ans et plus. Il semble que l'autre facteur limitant soit la concentration maximum en acide lactique tolérable par l'individu.

PERSSON, enfin, s'est attaché à la mesure de la capacité aérobie de travail, c'est-à-dire la quantité d'oxygène transportée par pulsation cardiaque lors d'effort. Chez l'homme, cette évaluation est faite indirectement à l'aide d'une bicyclette ergométrique ; on mesure le travail fourni par le patient pour une fréquence cardiaque de 170 battements par minute.

Chez le cheval, PERSSON utilise un tapis roulant et mesure sa vitesse de déroulement pour une fréquence cardiaque de 150 battements par minute.

Les résultats obtenus chez l'homme montraient une relation étroite entre la capacité de travail aérobie et les paramètres du volume sanguin, et ceci indépendamment de la force physique, de l'âge et du sexe.

De ce fait, les résultats obtenus par PERSSON chez le cheval sont surprenants. Il n'existe en effet pas de relation chez les juments adultes et les hongres. Elle n'est pas significative chez les chevaux de trois ans. Elle est par contre hautement significative chez les étalons adultes.

Ceci peut être interprété comme une réponse différente de l'organisme à l'entraînement du fait de l'absence de testostérone (hormone stimulatrice de l'hématopoïèse) chez les hongres et les juments ; ceux-ci compenseraient leur faible hyperglobulie par une meilleure utilisation de l'oxygène au niveau du muscle.

En fait, la mesure de la capacité de travail aérobic se heurte encore à de nombreuses difficultés : techniques, tout d'abord, car si le tapis roulant s'est avéré sans danger pour les trotteurs, il est probable qu'il soit difficilement utilisable pour les galopeurs. D'autre part, il est également probable qu'un travail provoquant une fréquence cardiaque de 150 battements par minute soit possible sans utiliser au maximum l'oxygène transporté, et qu'ainsi cette V_{150} ne serait pas, en réalité, la mesure de la capacité aérobic de travail. Il faudrait probablement considérer, comme chez l'homme, une fréquence plus proche du maximum.

4. Leucocytes.

D'une façon générale, formule et numération paraissent difficiles à interpréter pour l'évaluation de la condition physique des individus. Trop souvent, en effet, leurs variations ont un caractère pathologique dont l'exacte influence est délicate à estimer lors de maladies bénignes ne présentant pas de signes cliniques.

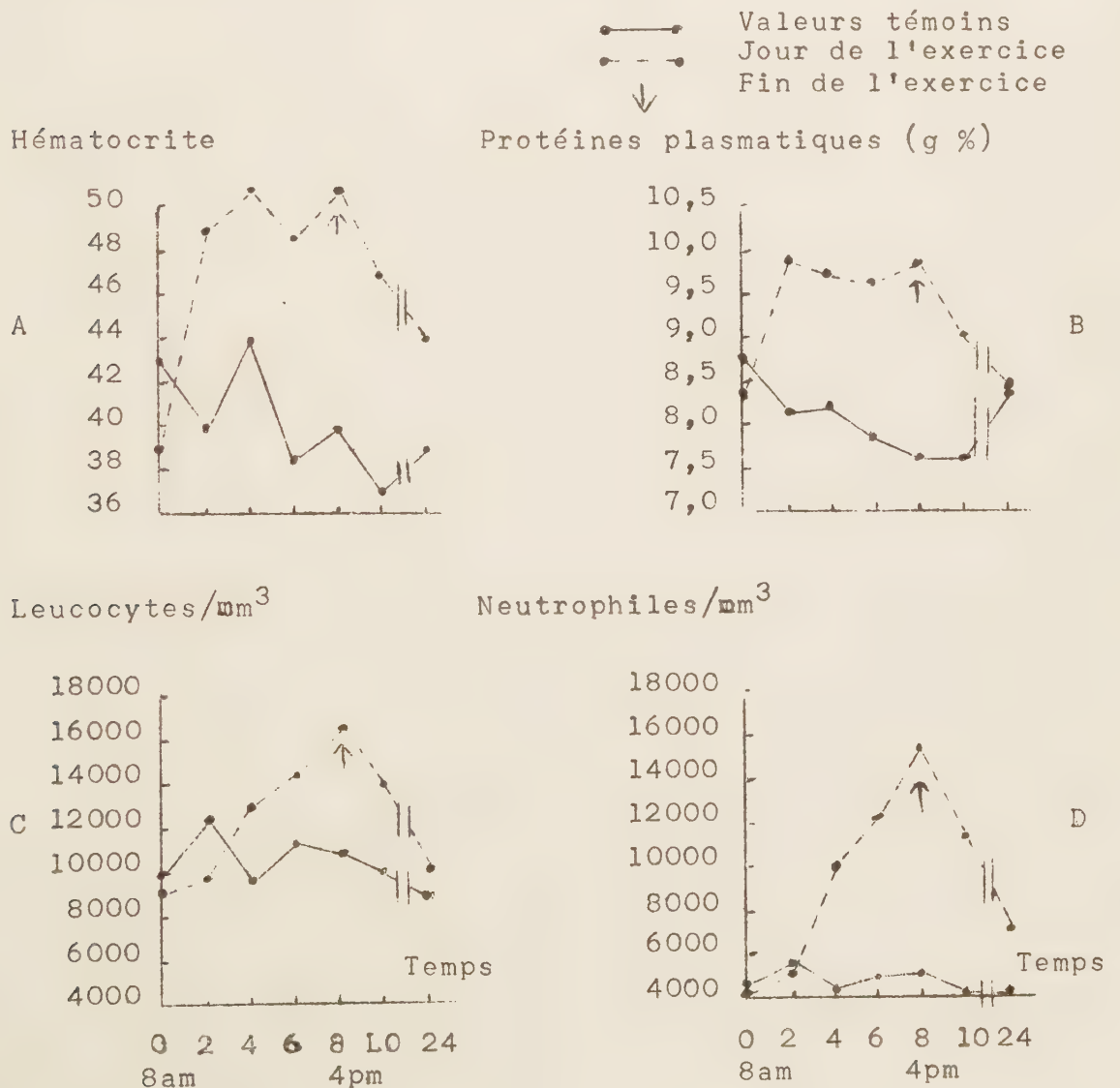
Par contre, elles ont une importance capitale pour la surveillance médicale qui, dans la pratique, doit toujours compléter celle qui nous occupe ici.

Il paraît intéressant, cependant, de noter que l'effort physique ainsi que les stress émotionnels provoquent une élévation de la concentration sanguine en leucocytes qui peut être supérieure à 100 % et qui est due à la libération des leucocytes jusqu'alors immobilisés au niveau de la rate et des poumons.

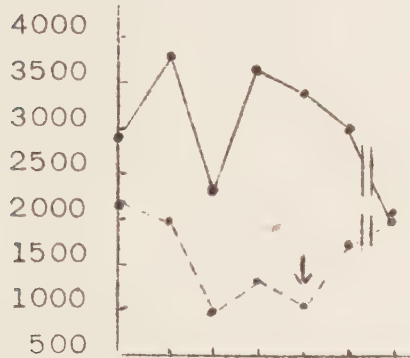
Les effets d'un effort musculaire prolongé sur la formule leucocytaire ont été étudiés par SCHALM. L'expérience a été faite sur une jument de 12 ans, en bon état, mais sans entraînement. Elle consistait en un parcours de 50 km, effectué en 8 heures. Les prises de sang, effectuées toutes les deux heures, d'une part la veille pour servir de témoin, et d'autre part au cours de l'épreuve, confirment cette augmentation de la numé-
ra-

tion blanche. Celle-ci, ainsi que le montrent les graphiques, est principalement le fait de neutrophiles, car il est important de noter l'importante et constante diminution des éosinophiles ainsi que celle des lymphocytes.

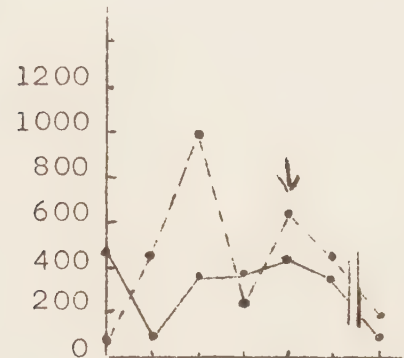
Ces courbes étant comparables à celles obtenues par l'injection intra-veineuse de corticoïdes, on peut formuler l'hypothèse qu'elles expriment la réaction leucocytaire à la libération physiologique d'hormones corticosurréaliennes.



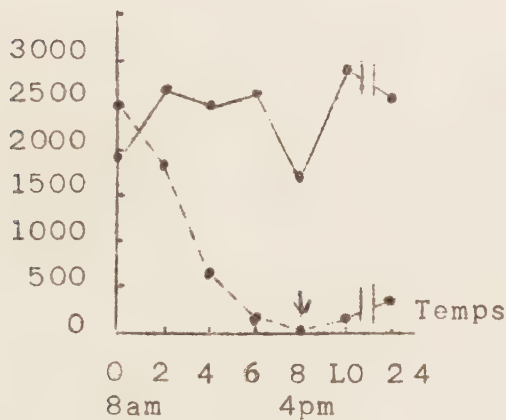
Lymphocytes/mm³



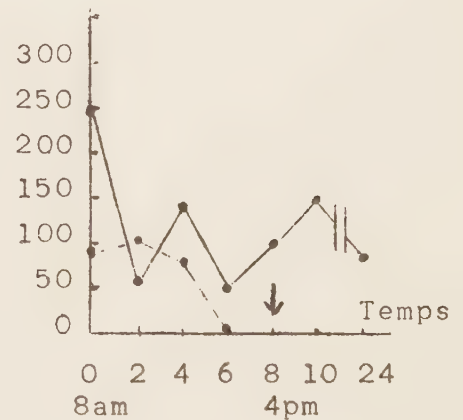
Monocytes/mm³



Eosinophiles/mm³



Basophiles/mm³



Pour conclure, il nous paraît intéressant de mentionner les travaux effectués par le vétérinaire biologiste Colonel E. BARRAIRON (5) à Mexico. Il note que le rapport

$$\frac{\text{nombre de globules rouges par mm}^3}{\text{nombre de globules blancs par mm}^3 \times 100}$$

généralement voisin de 1 a varié pour ces chevaux olympiques dans le même sens que la condition physique, les rapports les plus élevés (1,2 à 1,3) étant observés chez les chevaux en très bonne condition physique.

Il semble cependant que ce test soit plus l'expression d'une bonne "santé" que d'une bonne "forme", encore qu'il n'y ait pas lieu, a priori, d'exprimer les valeurs de la formule rouge et blanche par un rapport, celles-ci paraissant tout aussi explicites par elles-mêmes.

De toutes façons, il est important d'éviter de comparer des chevaux de pur-sang avec des chevaux de souche dite "de selle", car si le taux moyen de globules rouges est sensiblement plus élevé chez les premiers, celui des leucocytes est comparable. Ainsi, un rapport érythro-leucocytaire de 1,1 pour un pur-sang serait comparable à un rapport de 0,9 pour un demi-sang. D'ailleurs, cette remarque est confirmée par les résultats obtenus par le colonel BARRAIRON qui notait pour Joburg (pur sang) un rapport érythro-leucocytaire (E/L) = 1,1 à 1,2 et pour Pitou (selle français) un rapport E/L = 0,89 à 0,90. Ces deux chevaux s'étaient tout deux montrés en parfaite condition physique lors de l'épreuve de fond du concours complet olympique.

Conclusion.

L'estimation de la condition physique, nous venons de le voir, n'est pas aisée. Aussi, faite sans tenir compte de certaines données physiologiques et des limites inhérentes à toute méthodes d'investigation, la surveillance médicale de l'entraînement des chevaux de sport a pu paraître parfois décevante et, en tous cas, moins efficace que l'empirisme d'un bon soigneur constamment attentif au comportement de ses protégés.

Le principal obstacle à une telle surveillance semble être l'inévitable fluctuation existant entre les valeurs normales moyennes et les valeurs normales d'un individu pris séparément. Ainsi en est-il par exemple pour la numération globulaire ou les tracés électrocardiographiques.

Pour minimiser cet inconvénient, il faut répéter, à intervalles réguliers, les mêmes prélèvements sur un même cheval, d'autant que les techniques de surveillance n'en sont qu'à leurs balbutiements et que le meilleur moyen de les faire progresser consiste justement en une accumulation de dossiers où seraient transcrits tout à la fois les résultats des analyses et les performances des chevaux.

Le choix de ces analyses nous semble devoir être fait selon deux critères principaux : la fidélité de la réponse et la simplicité (au moins relative) de la technique. Il ne faut pas per-

dre de vue, en effet, que plus on cherchera à amener le cheval à une condition physique parfaite, moins il sera possible de le soumettre à des examens prolongés ou douloureux.

A titre d'exemple, nous pourrions bâtir ainsi notre programme de surveillance.

Bilan complet à la mise à l'entraînement, puis :

- mesure de la fréquence cardiaque de récupération (courbes de récupération) tous les 15 jours ;
- tension artérielle avant et après le plus gros travail de la semaine ;
- électrocardiogramme, 1 fois par mois ;
- pesée, 1 fois par mois ;
- formule rouge ou taux d'hémoglobine, 1 fois par mois.

On pourrait y adjoindre le dosage de la C.P.K. avant et après le plus gros travail de la semaine, une semaine sur deux.

A notre sens, tous ces examens sont réalisables pratiquement et, associés aux renseignements fournis par le cavalier ou par l'entraîneur, ils devraient permettre une bonne estimation de la condition physique des chevaux.

C O N C L U S I O N S

1. La difficulté des épreuves et l'enjeu qu'elles comportent conduisent à demander toujours davantage aux chevaux de sport. De ce fait, un contrôle scientifique de l'entraînement paraît très important à mettre sur pied.

2. Pratiquement, une coopération efficace entre le vétérinaire et l'entraîneur ou le cavalier est diversement réalisable : il semble qu'elle puisse être particulièrement fructueuse dans le domaine du concours complet d'équitation, discipline qui nécessite une importante préparation réalisée par le cavalier lui-même.

Elle est malheureusement difficilement réalisable dans la plupart des grands entraînements de course, les entraîneurs répu- gnant à partager leur compétence avec le vétérinaire.

3. La surveillance médicale des chevaux de sport doit répondre à deux actions principales : simplicité et fidélité.

L'étude des réactions de l'organisme à l'effort physique et à l'entraînement a permis de déceler un certain nombre de modifications dont les principales intéressent le système cardio-vasculaire et la composition sanguine cellulaire.

4. Les travaux entrepris jusqu'alors sont encore trop fragmentaires pour qu'il soit possible de déterminer avec précision le degré de condition physique d'un cheval par des examens isolés. Par contre, une série de tests effectués périodiquement sur un même cheval au cours de son entraînement offrent le plus grand intérêt pour apprécier la façon dont le cheval réalise une adaptation à cette mise en condition physique. Des observations que nous avons faites, ayant pour objectif l'efficacité et la simplicité, nous proposons comme base d'une surveillance médicale de l'entraînement du cheval de sport :

- l'enregistrement de la fréquence cardiaque au cours du retour au calme,
- la mesure de la tension artérielle,
- l'électrocardiographie,
- la pesée,
- la numération globulaire rouge.

Vu le Directeur de l'E.N.V.L.
Professeur FROGET

Vu le Professeur responsable
de l'E.N.V.L.
Professeur FONTAINE

Vu le Président de l'Université Cl.Bernard
Pour le Président, le premier vice-président
de l'Université, Président du Comité de
coordination des études médicales

R.TOURAINE

Vu le Président de la thèse
Professeur REVOL

Vu et permis d'imprimer
Lyon le 24 mai 1972

B I B L I O G R A P H I E

1. ARCHER (R.K.) - Symposium on haematology. Eq. Vet. J., 1969, 1, n° 5, p. 187-202.
2. ASHEIM (A.), KNUDSEN (O.), LINDHOLM (A.), RULCKER (C.), et SALTIN (B.) - Heart rates and blood lactate concentrations of standard bred horses during training and racing. J.A.V.M.A., 157, 304-312.
3. BANISTER (E.W.) et PURVIS (A.D.) - Exercise electrocardiography in the horse by radiotelemetry. J.A.V.M.A., 1968, 152, n° 7, 1004-1008.
4. BARON (M.), BORDET (R.), RUET (L.) et SEVESTRE (J.) - Etude télémétrique de l'électrocardiogramme et du vectocardiogramme chez le cheval de sport. Rec. Med. Vet. 146, Ed. Vigot frères.
I - Données générales. Avril 1970, p. 360-370.
II - Variations de l'électrocardiogramme liées à l'effort, Août 1970, p. 754-782.
III - Données vectocardiographiques. Sept. 1970, p. 926-939.
5. BARRAIRON (Col.) - Variations de certaines valeurs sanguines de l'équipe française des jeux équestres de Mexico. Pratique vétérinaire équine, 1969, 1, 41-46.
6. BENAZET (L.P.), BORDET (R.), BRION (A.), FONTAINE (M.) et SEVESTRE (J.) - Etude télémétrique de l'électrocardiogramme du cheval de sport. Rec. Med. Vet., 1964, 140, 449-459.
7. BOST (J.), FONTAINE (M.), JEAN-BLAIN (M.), LAPRAS (M.) et MAGAT (A.) - Evaluation de certains constituants du sang chez des chevaux cliniquement normaux. Ann. Rec. Vet., 1970, 5, 63-91.
8. BOUCHARD (M.) - Contribution à l'étude de la sémiologie cardio-vasculaire chez le cheval de sport. Mesure du temps de circulation par la lobéline. Th. Doct. Vet., Alfort, 1954.
9. BOUTTE (J.) - Contribution à l'étude de l'électrocardiographie chez le cheval. Détermination de l'axe électrique et du champ électrique superficiel. Th. Doct. Vet. Lyon, 1964.

10. CARDINET (G.H.), FOWLER (H.E.) et TYLER (W.S.) - The effects of training, exercise and tying up on serum transaminases activities in the horses. Amer. J. Vet. Res., 1963, 24, 980-984.
11. CARLSON (L.A.), FROBERG (S.) et PERSSON (S.) - Concentration and turn-over of F.F.A. of plasma and concentration of blood glucose during exercise in horses. Act. Physiol. Scandin., 1965, 63, 434-441.
12. CARRAUD (A.) - Etude de la pression artérielle chez le cheval par une méthode d'enregistrement non sanglante. Th. Doct. Vet., Lyon, 1971.
13. CATZ (G.), HENRARD (J. Cl.), JAN (F.) et MALLIERE (D.) - Cahiers intégrés de médecine, 1971.
14 - Electrocardiogramme normal.
22 - Electrocardiogramme pathologique.
- 13 bis. CONQUET (Ph.) - Electrocardiogramme normal du cheval de sport. Application à l'examen pré-opératoire. Th. Doct. Vet., Alfort, 1967.
14. CORNELIUS (C.E.), BURNHAM (L.G.) et HILL (H.E.) - Serum transaminase activities of thoroughbred horses in training. J.A.V.M.A., 1963, 142, 639-642.
15. CROMBE (C.) et BARRAIRON (E.) - A propos du contrôle médical des chevaux de sport. Conférence Nationale Vet. Spécialistes du cheval, 1968, n° 7 et 8, p. 2, 17.
16. CROMBE (C.) - Quelques remarques sur le comportement de chevaux de concours hippique lors de la 3e semaine pré-olympique, Mexico, Alt. 2 300. Revue du corps des vétérinaire biologistes des armées, 1968, 21, n° 2, 47-51.
17. DUFOUR (R.) et CHARY (R.) - Revue du service biologique et Vétérinaire. Articles originaux : électrocardiographie appliquée du cheval. 1966, 19, n° 4, 135-148.
18. ENGELHARDT (W.O.), EKRLEIN (H.S.) et HORNICKE (H.) - Berlin und münchen Tierärztl Wschr : Hämoglobinkonzentration, Sauer stoff sättigung und Sauerstoff gehalt des Blutes ber zucht und sport pfer den in unterschiedlichem trainingszustand. 1970, 83, n° 12, 229-234.
19. ESNAULT (J.M.) - Contribution à l'électrocardiogramme d'effort chez le cheval de sport. Applications à l'examen pré-opératoire en chirurgie vétérinaire. Th. Doct. Vet., Alfort, 1968.

20. FATTORUSSO (V.) et RITTER (O.) - Atlas d'électrocardiographie.
1963. Masson éd., Paris. p. 25-66 et 274-308.
21. FELIZOT (Cl.) - Les transaminases sériques chez le cheval.
Th. Doc. Vet., Lyon, 1969.
22. FONTAINE (M.) et SEVESTRE (J.) - Communication : 6e réunion de
la Société Européenne de Chirurgie Vétérinaire, Lyon,
1964.
23. FRIEDBERGER (Brigadier J.C.) - Modern horse training methods.
What is justifiable ? Veterinary record, 1970, 87,
229-231.
24. GERBER (H. Von) - Zschweiz Arch. Thk., 1964, 106, 478-491.
25. GERBER (H. Von) - Serum Enzyme determination in equine medicine.
Eq. Vet. J., 1969, 1, n° 3.
26. HENSEL (H.) et HILDEBRANDT (G.) - Handbook of physiology.
Section 4 : adaptation to the environment. American
Physiological Society, Washington D.C., 1964, 73-86.
27. HOLMES (J.K.) - The equine heart. Problems and difficulties in
assessing cardiac function on clinical examination.
Eq. Vet. J., 1968, 1, n° 1, 10-24.
28. HOLMES (J.R.) - Terminology in equine cardiography. Eq. Vet. J.
1969, 1, n° 6, 276-278.
29. HOLMES (J.R.) - A method of vectorcardiogram : loop portrayal.
Eq. Vet. J., 1970, 2, n° 1, 27-34.
30. HOLMES (J.R.) - Studies on the development of a new lead sys-
tem for equine electrocardiography. Eq. Vet. J., 1970,
2, n° 1, 12-21.
31. IRVINE (G.H.G.) - The blood picture in the race horses.
I - The normal erythrocyte and haemoglobin status ;
a dynamic concept. J.A.V.M.A., 1958, 137, 59.
32. KAYSER (C.) - Physiologie. Les grandes fonctions. 2, 1963.
Ed. médicales, Flammarion, Paris, p. 1027-1070.
33. KOLB (E.) - Physiologie des animaux domestiques. 1965, Ed.
Vigot frères, Paris, p. 420-474, p. 492-494, p. 738.
34. KRZYWAWECK (H.), WITTKE (G.), BAYER (A.) et BORMAN (P.) - The
heart rate of thoroughbred horses during a race.
Eq. Vet. J., 1970, 2, n° 3, 115-120.

35. LAPRAS (M.) et OLIVER (R.) - Action cardio-vasculaire de l'Acétyllinate d'Heptaminol dans le traitement des états de fatigue chez le cheval et chez le chien. Bull. Soc. Sci. Vet. et Med. Comparée, Lyon, 1971, 73, 523-535.
36. LEMAIRE (G.) et DOUCET (J.) - Contribution à l'étude de l'hémodynamique cardiaque. La radiographie. Essais sur le cheval. Revue du Service Biologique et Vétérinaire 1967, 20, n° 1, 10-24.
37. LESAFFRE (R.) - Connaissance et utilisation des chevaux de course. 1964, Ed. Crépin Leblond, Paris.
38. LESAFFRE (R.) - Entraînement des chevaux de course. Acte de la Conférence Nationale des Vétérinaires Spécialistes du cheval, 1965, 3, 1-18.
39. LESAFFRE (Interview de S. BARTHOLOMEW) - Le cheval de sport. La préparation des 2 ans et la maturité du squelette. 1967, n° 3, 2e trimestre.
40. LITTLEWORT (M.C.G.) et HICKMANN (J.) - Analyses of a proposed test to assess fatigue in horses. Eq. Vet. J., 1969, 1, n° 5, 231-237.
41. MAGAT (A.) et BACQUES (Cl.) - Créatinekinase : son intérêt en pathologie vétérinaire. Cahiers de Med. Vet., 1968, n° 3.
42. MARCENAC (L.N.) et AUBLET (H.) - Encyclopédie du cheval. 1964, Librairie Malloine, Paris.
43. MATHIEU (J.Cl.) - Contribution à l'étude des acides gras non estérifiés et du glycérol chez une population équine hétérogène. Th. Doct. Vet., Lyon, 1971.
44. PERRIN (O.) - Livre du cheval. Collection guide, 1971, Ed. Stöck, Paris.
45. PERSSON (S.G.B.) - Blood volume, state of training and working capacity of the race horses. Eq. Vet. J., 1968, 1, 52-62.
46. PRADIER (P.) - Contribution à l'étude de l'électrocardiogramme du cheval de sport. Th. Doct. Vet., Alfort, 1962.
47. SCHALM (O.W.) - Veterinary hematology. 1965, Sea and Febiger, Philadelphie, p. 251-278, p. 447-448.
48. SHETZER (D.L.) et SMITH (C.R.) - Diastolic heart sounds of horses. J.A.V.M.A., 1965, 146, 937.

49. SOVA (Z.) et JICHER (J.) - Die Aktivität der SGOT und SGPT in der diagnostik der leberkrankheiten des tieres. Zent. Vet. Med., 1963, 10, 295-304.
50. STEEL (J.D.) - Studies on the electrocardiograms of the race horses. 1963, Australian medical publishing company, Sidney.
51. TAGAND (R.) et BARONE (R.) - Anatomie des équidés domestiques. 1957, 2, fasc. 4, p. 1050, p. 1019-1025.
52. TANGY (H.) - La préparation biologique de l'athlète. Gazette médicale de France, 1969, n° 1, 37-47.
53. URBAN (L.) - Contribution à l'étude de la fatigue chez le cheval de sport. Application systématique de l'électrocardiogramme dans l'examen pré-opératoire. Th. Doct. Vet., Alfort, 1970.
54. WITHERINGTON (D.H.) - Observations on the heart rate of thoroughbreds. Eq. Vet. J., 1971, 3, n° 3, 99-101.
55. WITTKE (G.) et BAYER (A.) - Die herzfrequenz von pferden bei vielseitig keitzpuiffungen. Berliner und Münchener Tierärztliche wochenschrift, 1968, 19, 389-392.

T A B L E D E S M A T I E R E S

	Pages
INTRODUCTION	7
PRINCIPAUX TYPES D'EPREUVES, SELECTION, AGE ET ENTRAINEMENT DES CHEVAUX SELON LEUR SPECIALITE	9
Les courses	9
Les galopeurs	10
Les trotteurs	16
LES CONCOURS	19
Les concours hippiques ou épreuves de sauts d'obstacles	20
Concours complet d'équitation	22
Les raids et randonnées	30
PRINCIPALES DONNEES PHYSIOLOGIQUES RELATIVES A L'EFFORT PHYSIQUE ET A L'ENTRAINEMENT	32
Réaction de l'organisme face à l'effort physique	32
Evaluation de l'aptitude à l'exercice mus- culaire	35
Effets de l'entraînement	36
SURVEILLANCE MEDICALE DE L'ENTRAINEMENT BASEE SUR L'EXPLORATION CARDIO-VASCULAIRE ET HEMATOLOGIQUE . . .	41
Exploration cardiaque	41
Fréquence cardiaque	42
Les bruits du coeur	50
L'électrocardiogramme	54
L'ELECTROCARDIOGRAMME D'EFFORT	63
VECTOCARDIOGRAMME	74
TENSION ARTERIELLE	76
TEMPS DE CIRCULATION	81

HEMATOLOGIE	84
Formule sanguine	84
Erythrocytes	85
Hémoglobine	88
Leucocytes	94
CONCLUSION	100
BIBLIOGRAPHIE	102

